



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Dirección General de Estudios de Posgrado

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y

Geográfica

Unidad de Posgrado

**“La contaminación del aire por material particulado y
su relación con las enfermedades de tipo respiratorio
en la población de Cerro de Pasco, 2010 y 2016”**

TESIS

Para optar el Grado Académico de Magíster en Ciencias
Ambientales con mención en Desarrollo Sustentable en Minería y
Recursos Energéticos

AUTOR

Eder Guido ROBLES MORALES

ASESOR

Dr. Antonio Edilberto LUYO QUIROZ

Lima, Perú

2020



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Robles, E. (2020). *La contaminación del aire por material particulado y su relación con las enfermedades de tipo respiratorio en la población de Cerro de Pasco, 2010 y 2016*. Tesis para optar el grado de Magíster en Ciencias Ambientales con mención en Desarrollo Sustentable en Minería y Recursos Energéticos. Unidad de Posgrado, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

Hoja de metadatos complementarios

- **Código ORCID del autor:** --
- **Código ORCID del asesor:** 0000-0002-9172-9125
- **DNI del autor:** 04064869
- **Grupo de investigación:** --
- **Institución que financia la investigación:** --
- **Ubicación geográfica donde se desarrolló la investigación:**
 - Localidad: Cerro de Pasco
 - Coordenadas geográficas:
 - 10°40'2.9" S
 - 76°15'24.1" O
- **Año o rango de años que la investigación abarcó:**
 - Abril 2016 - diciembre 2019



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú, Decana de América

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA

UNIDAD DE POSGRADO



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

SUSTENTACIÓN PÚBLICA

En la Universidad Nacional Mayor de San Marcos-Lima, a los seis días del mes de febrero del 2020, siendo las 11:00 horas, se reúnen los suscritos miembros del Jurado Examinador de Tesis, nombrado mediante Dictamen N° 028/UPG-FIGMMG/2020 del 27 de enero del 2020, con la finalidad de evaluar la sustentación oral de la siguiente tesis:

TITULO

«LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR MATERIAL PARTICULADO Y SU RELACIÓN CON LAS ENFERMEDADES DE TIPO RESPIRATORIO EN LA POBLACIÓN DE CERRO DE PASCO, 2010 Y 2016»

Que, presenta el Bach. **EDER GUIDO ROBLES MORALES**, para optar el **GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER EN CIENCIAS AMBIENTALES CON MENCIÓN EN DESARROLLO SUSTENTABLE EN MINERÍA Y RECURSOS ENERGÉTICOS**.

El secretario del Jurado Examinador de la Tesis, analiza el expediente N° 02569-FIGMMG-2012 del 30 de marzo del 2012, en el marco legal y Estatutario de la Ley Universitaria, acreditando que tiene todos los documentos y cumplió con las etapas del trámite según el «Reglamento General de Estudios de Posgrado», aprobado con Resolución Rectoral N° 04790-R-18 del 08 de agosto del 2018.

Luego de la Sustentación y la calificación de la Tesis se realizará de acuerdo al procedimiento respectivo y se registra en el acta correspondiente en conformidad al Art. 100 del precitado Reglamento, correspondiéndole al graduando la siguiente calificación:

..... *Bueno (15)*

Habiendo sido aprobada la sustentación de la Tesis, el Presidente recomienda a la Facultad se le otorgue el **GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER EN CIENCIAS AMBIENTALES CON MENCIÓN EN DESARROLLO SUSTENTABLE EN MINERÍA Y RECURSOS ENERGÉTICOS** al Bach. **EDER GUIDO ROBLES MORALES**.

Siendo las 12:00 horas, se dio por concluido al acto académico.


DR. ERNESTO OSVALDO ADUVIRE PATACA
Presidente


MG. CARLOS DEL VALLE JURADO
Secretario


MG. VERÓNICA TELLO MENDIVIL
Miembro


DR. ANTONIO EDILBERTO LUYO QUIROZ
Asesor

DEDICATORIA

En memoria a mi recordado padre Antonio Robles por ser ejemplo en vida de honestidad y trabajo.

Índice

Carátula	i
Veredicto de la tesis	ii
Dedicatoria	iii
Índice	iv
Lista de tablas	vi
Lista de figuras	ix
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1.Situación problemática	13
1.2.Formulación del problema	15
1.3.Justificación teórica	16
1.4.Justificación práctica	16
1.5.Objetivos	17
1.5.1.Objetivo general	17
1.5.2.Objetivos específicos	17

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1.Marco filosófico o epistemológico de la investigación	18
2.2.Antecedentes de la investigación	23
2.3.Bases teóricas	33
2.4.Marco Conceptual	43
2.5.Hipótesis y Variables	54

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

3.1.Tipo y Diseño de Investigación	66
3.2.Unidad de análisis	67
3.3.Población de estudio	68
3.4.Tamaño de la muestra	68
3.5.Selección de muestra	69
3.6.Técnicas e instrumentos de recolección de datos	69

3.7. Análisis e Interpretación de la Información	72
CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1. Análisis, interpretación y discusión de resultados	74
4.2. Prueba de hipótesis	121
4.3. Presentación de resultados	128
CONCLUSIONES	136
RECOMENDACIONES	137
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	138
ANEXOS	145

Lista de tablas

Tabla 1. Variable: Material particulado (PM ₁₀)	56
Tabla 2. Variable: Enfermedades de tipo respiratorio	57
Tabla 3. Método de referencia para la determinación de material particulado respirable como PM ₁₀ en la atmósfera	60
Tabla 4. Población de estudio: Número de atenciones hospitalarias por infecciones respiratorias agudas	68
Tabla 5. Ubicación de las estaciones de monitoreo de material particulado en la cuenca atmosférica de Cerro de Pasco	70
Tabla 6. Material Particulado - PM ₁₀ (ug/m ³)-2010	76
Tabla 7. Material Particulado - PM ₁₀ (ug/m ³)-2010	77
Tabla 8. Material Particulado - PM ₁₀ (ug/m ³)-2010	78
Tabla 9. Material Particulado - PM ₁₀ (ug/m ³)-2010	80
Tabla 10. Número de Atenciones Hospitalarias por Infecciones Respiratorias-2010- Grupo Etario: 0-5 Años-distrito de Chaupimarca	81
Tabla 11. Número de Atenciones Hospitalarias por Infecciones Respiratorias-2010 Grupo Etario: 0-5 Años-distrito de Yanacancha	82
Tabla 12. Número de Atenciones Hospitalarias por Infecciones Respiratorias-2010 Grupo Etario: 0-5 Años-distrito de Simón Bolívar	83
Tabla 13. Número de Atenciones Hospitalarias por Infecciones Respiratorias 2010 Grupo Etario: Mayores de 50 Años-distrito de Chaupimarca	84
Tabla 14. Número de Atenciones Hospitalarias por Infecciones Respiratorias-2010 Grupo Etario: Mayores de 50 Años-distrito de Yanacancha	85
Tabla 15. Número de Atenciones por Infecciones Respiratorias -2010. Grupo Etario: Mayores de 50 Años-distrito de Simón Bolívar	87
Tabla 16. Material Particulado - PM ₁₀ (ug/m ³)-2016- Estación, distrito de Chaupimarca	88
Tabla 17. Material Particulado - PM ₁₀ (ug/m ³)-2016- Estación 2, distrito de Yanacancha	90
Tabla 18. Material Particulado - PM ₁₀ (ug/m ³)-2016- Estación 3, distrito de Simón Bolívar	91
Tabla 19. Número de Atenciones Hospitalarias por Infecciones Respiratorias-2016 Grupo Etario: 0-5 Años-distrito Chaupimarca	92

Tabla 20. Número de Atenciones Hospitalarias por Infecciones Respiratorias -2016 Grupo Etario: 0-5 Años-distrito de Yanacancha	93
Tabla 21. Número de Atenciones Hospitalarias por Infecciones Respiratorias-2011 Grupo Etario:0-5 Años-distrito de Simón Bolívar	94
Tabla 22. Número de Atenciones Hospitalarias por Infecciones Respiratorias -2016 Grupo Etario: Mayores de 50 Años-distrito de Chaupimarca	95
Tabla 23. Número de Atenciones Hospitalarias por Infecciones Respiratorias -2016 Grupo Etario: Mayores de 50 años-distrito de Yanacancha	96
Tabla 24. Número de Atenciones Hospitalarias por Infecciones Respiratorias -2016 Grupo Etario: Mayores de 50 Años distrito de Simón Bolívar	98
Tabla 25. Parámetros del tajo abierto Raúl Rojas	100
Tabla 26. Botaderos de desmonte	102
Tabla 27. Precipitación promedio mensual 2010-2016	104
Tabla 28. Cuadro de temperaturas 2010-2016	105
Tabla 29. Cuadro de Humedad Relativa 2010-2016	106
Tabla 30. Cuadro de dirección y velocidad de vientos 2010-2016	108
Tabla 31. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	122
Tabla 32. Correlación de spearman entre el material particulado y las enfermedades de tipo infecto-respiratorio agudas según año 2010 y 2016	123
Tabla 33. Correlación de spearman entre el material particulado y las enfermedades de tipo infecto-respiratorio agudas en los niños menores de 5 años en clima seco en los años 2010 y 2016	125
Tabla 34. Correlación de spearman entre el material particulado y las enfermedades de tipo infecto-respiratorio agudas en los mayores de 50 años en clima seco en los años 2010 y 2016	127
Tabla 35. Promedios y desviación estándar de IRA y el material particulado PM ₁₀	128
Tabla 36. Promedios y desviación estándar de IRA y el material particulado PM ₁₀	130
Tabla 37. Correlación de spearman entre el material particulado y las enfermedades de tipo infecto-respiratorio agudas según distrito en los años 2010 y 2016	132
Tabla 38. Correlación de spearman entre el material particulado y las enfermedades de tipo infecto-respiratorio agudas según distrito y años 2010 y 2016	133
Tabla 39. Correlación de spearman entre el material particulado y las enfermedades de tipo infecto-respiratorio agudas según clima en los años 2010 y 2016	134

Tabla 40. Correlación de spearman entre el material particulado y las enfermedades de tipo infecto-respiratorio agudas según distrito y por años	135
--	-----

Lista de figuras

<i>Figura 1.</i> Consola Táctil	58
<i>Figura 2.</i> Estación Meteorológica Móvil	59
<i>Figura 3.</i> Diagrama de Diseño de Investigación	67
<i>Figura 4.</i> Concentración Promedio - PM ₁₀ - 2010 -Estación 1- Chaupimarca	76
<i>Figura 5.</i> Concentración Promedio - PM ₁₀ - 2010 -Estación 2-Yanacancha	77
<i>Figura 6.</i> Concentración Promedio - PM ₁₀ - 2010 -Estación 3 - Simón Bolívar	79
<i>Figura 7.</i> Concentración Promedio - PM ₁₀ - 2010 -Estación 4 - Chaupimarca	80
<i>Figura 8.</i> Porcentaje de Atenciones Hospitalarias por Infecciones Respiratorias 2010- Grupo Etario: 0-5 Años	81
<i>Figura 9.</i> Porcentaje de Atenciones Hospitalarias por Infecciones Respiratorias 2010 Grupo Etario: 0-5 Años	82
<i>Figura 10.</i> Porcentaje de Atenciones Hospitalarias por Infecciones Respiratorias- 2010 Grupo Etario: 0-5	83
<i>Figura 11.</i> Porcentaje de Atenciones Hospitalarias por Infecciones Respiratorias- 2010 Grupo Etario	84
<i>Figura 12.</i> Porcentaje de Atenciones Hospitalarias por Infecciones Respiratorias- 2010 Grupo Etario	86
<i>Figura 13.</i> Porcentaje de Atenciones Hospitalarias por Infecciones Respiratorias- 2010- Grupo	87
<i>Figura 14.</i> Concentración Promedio - PM ₁₀ - 2016 -Estación 1-Chaupimarca	89
<i>Figura 15.</i> Concentración Promedio - PM ₁₀ - 2016 -Estación 2-Yanacancha	90
<i>Figura 16.</i> Concentración Promedio - PM ₁₀ - 2016 -Estación 3 - Simón Bolívar	91
<i>Figura 17.</i> Porcentaje de Atenciones Hospitalarias por Infecciones Respiratorias- 2016-Grupo Etario: 0-5	92
<i>Figura 18.</i> Porcentaje de Atenciones Hospitalarias por Infecciones Respiratorias- 2016-Grupo Etario: 0-5 Años-distrito de Yanacancha	93
<i>Figura 19.</i> Porcentaje de Atenciones Hospitalarias por Infecciones Respiratorias- 2016-Grupo Etario: 0-5 Años-distrito de Simón Bolívar	94
<i>Figura 20.</i> Porcentaje de Atenciones Hospitalarias por Infecciones Respiratorias- 2016-Grupo Etario: Mayores de 50 Años-distrito de Chaupimarca	95
<i>Figura 21.</i> Porcentaje de Atenciones Hospitalarias por Infecciones Respiratorias- 2016- Grupo Etario: mayores a 50 Años-distrito de Yanacancha	97

<i>Figura 22.</i> Porcentaje de Atenciones Hospitalarias por Infecciones Respiratorias- 2016-Grupo Etario: mayores de 50 Años-distrito de Simón Bolívar	98
<i>Figura 23.</i> Rosa de los vientos de la Estación N° 1 distrito de Chaupimarca-2010	109
<i>Figura 24.</i> Rosa de los vientos de la Estación N° 2 distrito de Yanacancha-2010	109
<i>Figura 25.</i> Rosa de los vientos de la Estación N° 3 distrito de Simón Bolívar-2010	110
<i>Figura 26.</i> Rosa de los vientos de la Estación N° 3 distrito de Simón Bolívar-2010	110
<i>Figura 27.</i> Rosa de los vientos de la Estación N° 4 distrito de Chaupimarca-2010	111
<i>Figura 28.</i> Rosa de los vientos cuenca atmosférica de Cerro de Pasco-2016	112
<i>Figura 29.</i> Comportamiento anual de la velocidad del viento vs. PM ₁₀ -2010	113
<i>Figura 30.</i> Comportamiento anual de la velocidad del viento vs. PM ₁₀ -2010	114
<i>Figura 31.</i> Comportamiento anual de la velocidad del viento vs. PM ₁₀ -2016	115
<i>Figura 32.</i> Comportamiento anual de la velocidad del viento vs. PM ₁₀ -2016	116
<i>Figura 33.</i> IRA y el material particulado PM ₁₀ según año 2010 y 2016	129
<i>Figura 34.</i> IRA y el material particulado PM ₁₀ en clima seco según año 2010 y 2016	130

RESUMEN

La población de Cerro de Pasco se encuentra emplazada próxima al tajo abierto, donde se desarrolla la explotación minera. La investigación tuvo como objetivo determinar la relación que existe entre el material particulado (PM_{10}) debido a la operación del tajo abierto “Raúl Rojas” y las enfermedades respiratorias agudas (IRAS) que afectó a la población de la ciudad de Cerro de Pasco, durante los años 2010 y 2016. Se cuantificó las concentraciones de material particulado de las cuatro estaciones de monitoreo de la calidad de aire y el número de atenciones hospitalarias ocurridas en la estación de clima seco. La investigación fue exploratorio, explicativa con un diseño no experimental, con una muestra de 10 029, con un muestreo no probabilístico discrecional; la estadística de prueba aplicada para el contraste de la hipótesis fue la t de Student resultando un valor de $p=0,041<0,05$ para el año 2010 y $p=0,00<0,05$ para el año 2016 al 95% de confianza, estos resultados permitieron llegar a la conclusión que existe relación significativa entre el material particulado PM_{10} producido por el tajo abierto de la Unidad Minera Cerro de Pasco y las enfermedades de tipo infecto-respiratorias agudas (IRAs) que afectó a la población de Cerro de Pasco, en los años 2010 y 2016.

Palabras claves: clima seco; cuenca atmosférica; enfermedades de tipo respiratorio; material particulado; tajo abierto

ABSTRACT

The population of Cerro de Pasco is located next to the open pit mine, where the mining operation takes place. The research aimed to determine the relationship between the particulate matter (PM₁₀) due to the operation of the open pit "Raul Rojas" and acute respiratory diseases (IRAS) that affected the population of the city of Cerro de Pasco, during the 2010 and 2016. The particulate matter mining of the four stations monitored, and the number of hospital cares occurred in the dry climate station, were analyzed and quantified. The research was exploratory, explanatory with a non-experimental design, with a sample of 10 029, with discretionary non-probabilistic sampling; the test statistic applied for the hypothesis contrast was t student resulting in a value of $p=0.041<0.05$ for 2010 and $p=0.00<0.05$ for 2016 at 95% confidence, these results led to the conclusion that there is a significant relationship between the PM₁₀ particulate matter produced by the open pit of the Cerro de Pasco Mining Unit and the infecto-respiratory-acute diseases (IRAS) that affect the Cerro de Pasco in 2010 and 2016.

Keywords: Dry weather; atmospheric basin; respiratory diseases; particulate matter; open pit

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1. Situación problemática

El trabajo de investigación se realiza en la ciudad de Cerro de Pasco que se encuentra a 315 kilómetros hacia el Noreste de la ciudad de Lima y a 4 380 m.s.n.m.; el área de influencia de la Cuenca Atmosférica de Cerro de Pasco, está comprendida entre los distritos de Chaupimarca, Yanacancha y Simón Bolívar - Centro poblado menor de Paragsha, geográficamente se encuentra situado en las estribaciones occidentales de la Cordillera Central de la Sierra Central del Perú.

La población que se encuentra en el área de influencia de la Cuenca Atmosférica de Cerro de Pasco, corresponde a la población urbana de los distritos de Simón Bolívar - Paragsha, con 6 330 habitantes; Chaupimarca con 25 600; y Yanacancha con 25 029 haciendo una población total de 56 959 habitantes según estimaciones del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2017, p.19). Que son asistidos en los hospitales del Seguro Social de Cerro de Pasco, ubicado en el distrito de Chaupimarca y el Hospital del Ministerio de Salud “Daniel Alcides Carrión” ubicado en Juan Pampa, distrito de Yanacancha, teniendo como factor de polución las labores mineras de tajo abierto “Raúl Rojas”, los cuales emanan material con tamaño inferior o igual a 10 micras conocido como PM_{10} .

La presente investigación la he realizado en los años 2010 y 2016, teniendo la información de los respectivos años.

El problema de investigación se centra en el estudio del fenómeno que se genera en la salud de los habitantes de la localidad de Cerro de Pasco que a priori se halló como agente contaminante el material particulado producido por el tajo abierto “Raúl Rojas”, los stockpile, que trabaja con el método de explotación de cielo abierto, con el 82,2% de total de contaminantes emitidos, tanto por fuentes fijas como móviles, según el estudio de línea de base. La hipótesis nos indica que las enfermedades contraídas por la población se deben a la cantidad de material particulado que ésta operación genera y que demostraremos en la presente investigación.

Adicionalmente a las actividades mineras mencionadas, existen botaderos de material estéril denominadas desmonteras, las relaveras que corresponden a pasivos ambientales que vienen a ser otras fuentes fijas, asimismo es importante mencionar otras fuentes procedentes de servicios y actividades productivas como carpinterías, bloqueteras, saunas, calderos, panaderías, grifos y pollerías.

En lo que corresponde a las fuentes móviles éstas provienen por el incremento constante del parque automotor especialmente de transporte público y del aprovisionamiento de la logística para las diversas empresas mineras ubicadas en el entorno de la ciudad en un 17,8% según la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA, 2005).

Fuentes de contaminación puntuales, consideramos las operaciones mineras en Cerro de Pasco, constituida por la extracción a Tajo a Abierto y la Minería subterránea, cuya producción es tratada en la planta concentradora que procesa 8 500 toneladas al día.

El material particulado total en suspensión vertido a la atmósfera de Cerro de Pasco se estima en 3 735 Tm/año, del cual el 99,8% es vertido, como he mencionado, por la actividad minera; donde el procesamiento de minerales es

de 3 530 Tm/año; las detonaciones producen 203 Tm/año, la combustión en la planta concentradora es de 1 Tm/año, partículas que salen de la pilas de almacenamiento es 3 Tm/año. (DIGESA, 2005, p.67)

1.2. Formulación del problema

El problema principal de investigación se formula de la siguiente manera:

1.2.1. Problema General

¿Qué relación existe entre el material particulado PM_{10} debido a la operación del tajo abierto “Raúl Rojas” y las infecciones respiratorias agudas (IRAs) en la población de la ciudad de Cerro de Pasco, en los años 2010 y 2016?

1.2.2. Problemas Específicos

¿Qué relación existe entre el material particulado PM_{10} debido a la operación del tajo abierto “Raúl Rojas” en la estación de clima seco y las enfermedades de tipo respiratorio - agudas (IRAs) en niños entre 0 y 5 años de la ciudad de Cerro de Pasco, en los años 2010 y 2016?

¿Qué relación existe entre el material particulado PM_{10} debido a la operación del tajo abierto “Raúl Rojas” en la estación seco y las enfermedades de tipo respiratorias - agudas (IRAs) en adultos mayores de 50 años de la ciudad de Cerro de Pasco, en los años 2010 y 2016?

1.3. Justificación teórica

La salud de los habitantes de ciudad de Cerro de Pasco merece el desarrollo del estudio ya que en su contexto geográfico se promueve actividades socioeconómicas importantes como es la explotación minera a tajo abierto.

El resultado de ésta investigación puede estructurarse y posteriormente incluirse al campo gnoseológico de las ciencias ambientales puesto que procura la aplicación de la teoría y los conceptos de contaminación por partículas y la enfermedades respiratorias para hallar explicaciones sobre el grado de influencia que existe entre el material particulado producido por el tajo abierto y las enfermedades de tipo respiratorio que tiene la población cerreña en los años 2010 y 2016.

1.4. Justificación práctica

Conforme a los objetivos de la investigación, su resultado admite hallar la relación con respecto a la contaminación por material particulado y las enfermedades respiratorias, lo que plantea que se desarrollen programas adecuados de gestión de la calidad del aire y proponer planes para la minimizar las concentraciones de material particulado, buscando niveles que aseguren la protección de la salud, y así lograr una calidad de vida adecuada para los pobladores de la ciudad de Cerro de Pasco.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Determinar la relación que existe entre el material particulado PM_{10} debido a la operación del tajo abierto “Raúl Rojas” y las enfermedades de tipo respiratorias agudo (IRAs) en la población de Cerro de Pasco, en los años 2010 y 2016.

1.5.2. Objetivos específicos

Determinar la relación que existe entre el material particulado PM_{10} debido a la operación del tajo abierto “Raúl Rojas” en la estación de clima seco y las enfermedades de tipo respiratorias agudo (IRAs) en niños de 0 a 5 años de la ciudad de Cerro de Pasco, en los años 2010 y 2016.

Determinar la relación que existe entre el material particulado PM_{10} debido a la operación del tajo abierto “Raúl Rojas” en la estación de clima seco y las enfermedades de tipo respiratorias agudo (IRAs) en adultos mayores de 50 años de la ciudad de Cerro de Pasco, en los años 2010 y 2016.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1. Marco filosófico o epistemológico de la investigación

El aire es uno de los componentes ambientales más significativos para el ser humano, debido a que es un bien común esencial para la vida. El aire puro recibe contaminantes de diferentes fuentes los que se dispersan de acuerdo a las condiciones climáticas afectando a los seres humanos. El ser humano consume 11,54 m³ de aire cada día según reportó la Agencia de Protección Ambiental (EPA, 1988). El cual es procesado por nuestros pulmones, por lo que su buena calidad influye directamente sobre la salud humana.

El aire contaminado es un contribuyente muy importante para un gran número de intoxicaciones y enfermedades, en las que destacan las carbointoxicaciones y las infecciones respiratorias agudas y crónicas, se añan también, las enfermedades cardiovasculares y algunos tipos de cáncer. según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2016)

Las nuevas estimaciones de la Organización Mundial de la Salud informan que unos 7 millones murieron en el mundo a consecuencia de la exposición a la contaminación atmosférica, de éstas el 3% es debida a las infecciones agudas de las vías respiratorias inferiores en los niños (OMS, 2016).

Se estima aproximadamente que la cuarta parte de la población del globo terrestre habita en situaciones de extremas pobreza. Granados (2001) menciona:

Esto repercute en las altas tasas de mortalidad infantil atribuibles a causas como la desnutrición y las enfermedades respiratorias, la data nos indica que, a inicios de la década actual, un promedio de 15 millones de niños fallece por enfermedades prevenibles. (p.25)

Ante esta realidad, la salud pública no ha hecho más que tratar de redefinir pautas lo cual indican sus características y sus funciones, procurando limitar y aproximar respuestas a las dificultades socio sanitarias en materia de contaminación ambiental, sin resquebrajar del todo la lógica dominante. Los países están alarmados por la contaminación lo que conduce a efectuar encuentros relacionados a la contaminación ambiental y la salud pública, tales como:

Según la Carta de Ottawa para la Promoción de la salud expresa que la mejora de la salud, se fundamenta con facilitar a las poblaciones mecanismos básicos en busca de la mejoría de su salud y desempeñar óptimamente un control sobre la misma. Un conjunto de personas o un individuo deben ser capaces de conocer y desarrollar sus anhelos en función de cubrir sus necesidades, con el fin de lograr un apropiado bienestar mental, social y físico (Carta de Ottawa, 1986).

En la Declaración de Liverpool se estableció la noción de municipios saludables, precisándolos como ámbitos donde los funcionarios civiles y políticos, de la misma manera los organismos privados y públicos, las empresas privadas, los empleados y obreros, el conjunto de individuos que conforman la sociedad; ofrezcan voluntades en favor de crear y optimizar su medio natural y social, fortificando la intervención del conjunto de individuos, pueblo o comunidad y por consiguiente aspirar a la construcción de ciudadanía (Declaración de Liverpool, 1988). En el año 1990, se inicia la implementación de los Sistemas Locales de Salud, que establece como elementos para conseguir la disposición de los recursos e instituciones que se hallan involucrados dentro y fuera del sector salud debido a que tienen relación con la salud de los humanos y las sociedades organizadas sobre una base poblacional y

geográfica. Los cuáles fueron constituidos como una red de servicios, sustentados en el actuar colectivo de las comunidades y ejecutados con prototipos de atención que trascienden lo curativo.

En el año 1992 se incorpora la concepción de desarrollo sostenible y considerándose también, la protección y el fomento de la salud, expuesta en la Cumbre de Río (1992).

En la Declaración de Santa Fe de Bogotá, se corrobora los fundamentos de la promoción de la salud expresada en la Carta de Ottawa, y se resalta la relevancia de la equidad y solidaridad, como requisito ineludible para el progreso de la salud en América Latina.

La salud es un derecho humano e imprescindible para el desarrollo del capital humano y el capital social. La promoción de la salud es identificada como un factor esencial para el progreso de la misma, coadyuvando a minimizar las desigualdades en salud (Declaración de Yakarta, 1997).

En la Conferencia de Adelaida – Australia se precisa la política pública saludable conducente a establecer un medio ambiente propicio para que las personas disfruten de un armónico equilibrio en su alimentación, su actividad física, intelectual, recreacional, con descanso, higiene y paz espiritual (Conferencia de Adelaida – Australia, 1998).

En la Conferencia sobre Población y Desarrollo llevado a cabo en El Cairo, se fundamentó lo indispensable que es promover la capacidad y autoabastecimiento de las naciones, para empezar una acción nacional pactada que fomente la evolución positiva de los estándares de vida de un país en términos de renta, de bienes y servicios de su economía en un periodo determinado, asimismo que incentive el desarrollo nacional sostenible y mejorar la calidad de vida y el desarrollo sostenible (Conferencia sobre Población y Desarrollo, 1994).

Respecto a diversos pensamientos sobre la salud pública, es adecuado indicar que no hay más dificultoso contar con conceptos claros y precisos vinculados a la salud

pública. A través del tiempo se la ha explicado a partir de pensamientos biológicas, epidemiológicas antropológicas, socioculturales, sociales y socioeconómicas (Navarro, 1988).

Las nociones de salud, de enfermedad y la manera como se tratan, representan posiciones ideológicas, muy influidas por el entorno político, social y económico que las circunda, transformándose y respondiendo a los cambios socio políticos (Navarro, 1988).

Desde el paradigma constructivista, el conocimiento y la comprensión de los problemas ambientales, entre ellos la contaminación del aire, está íntimamente vinculados a prácticas culturales y visiones sociales del mundo, en las que la degradación ambiental no puede ser separada de las condiciones generales en que vive la gente. (Irwin, 1999, p.60)

En investigaciones efectuadas en el Reino Unido se explica que la presencia trascendental de la actividad industrial en la región de Teesside, está asociado con la contaminación atmosférica, la falta de condiciones de salud y causas vinculadas con la exclusión social llevaron a la desacreditación de la región, afectando su particularidad o identidad y del mismo modo de los habitantes del lugar (Bush, 2001).

Que, en estudios realizados en Canadá como el capital social (redes, normas y confianza social) y el apego al lugar (sentido de pertenencia) contribuyen de manera importante a facilitar la acción ambiental, toma de decisiones en relación con la contaminación del aire, por ejemplo, cambios en los estilos de vida y acciones cívicas en los ámbitos individual y colectivo. (Wakefield y Poland, 2001, p.168)

De acuerdo al paradigma constructivista, la estimación del ser humano en relación a la contaminación atmosférica se muestra cotidianamente, iniciando en los órganos de los sentidos, la estructura física del ser humano y en la apreciación del riesgo por contaminación atmosférica, “influyen las experiencias cotidianas, particularmente, la naturaleza sensitiva de la exposición (la capacidad para ver, oler,

tocar y aun saborear la contaminación del aire), que por otra parte, varía en términos espaciales y temporales” (Wakefield y Poland, 2001, p.168).

En las acepciones de la contaminación atmosférica repercuten activamente las interrelaciones y vivencias individuales, “por lo que el conocimiento local y el discurso social desempeñan un papel importante en los mismos”. (Bickerstaff y Walker, 2003, p.54).

Dichos estudios también enfatizan en la importancia que tiene la memoria local, sobre todo en lugares con una historia de contaminación inmediata, así como los agentes no humanos que están involucrados en la construcción de significados de la contaminación del aire, por ejemplo, la muerte de pájaros y árboles en zonas industriales. (Bickerstaff y Walker, 2003, p.56)

También permiten comprender cómo las redes sociales y la vivencia diaria, al igual que la normalización social de la conducta, “influyen de manera significativa en las respuestas a la información y las conductas relativas a la contaminación del aire”. (Petts, 2005, p.792).

El contraste que existe de qué manera se percibe y de qué manera se interpreta la contaminación del aire y sus riesgos está supeditado a la clase de sociedad a la que corresponde, ya sea colectivista o individualista. Lammel y Kozakai (2005) afirma: “en sociedades de tipo individualista, el fenómeno de la contaminación atmosférica se presenta como un objeto exterior, aislado de su contexto; en tanto que en sociedades colectivistas la contaminación atmosférica se relaciona con el sujeto y sus actividades” (p.87). Entonces, en la visión holística de las colectividades totonacas, “el aire se convierte impuro y las sustancias contaminantes ingresan en las nubes que contienen agua”.

A la vez, el componente de la naturaleza denominado agua, “transmite a la tierra elementos contaminantes, que ingresan en las plantas y éstas son ingeridas por

los animales y las personas, para posteriormente ocasionar afecciones” (Lammel y Kozakai, 2005, p.88).

Las investigaciones con orientación constructivista emplean una metodología cualitativa cuyas procedimientos sistemáticos y metodológicos se basan en entrevistas y grupos focales muy detallados y rigurosos. Estos instrumentos admiten a los participantes dialogar acerca de las dificultades con sus propias expresiones.

La apreciación de la contaminación atmosférica no es un fenómeno previo, sino un desarrollo social expresado por procesos grupales e individuales y de interacción social (Catalán, Minerva y Jarillo, 2010). Las investigaciones radican en averiguar, detallar e explicar las variadas apreciaciones de individuos que sustentan los diversos enfoques de la contaminación atmosférica y enfatizan las cualidades de los actores sociales para dar sentido a los diversos escenarios del contexto ambiental.

2.2. Antecedentes de la investigación

Gaviria, Benavides y Tangarife (2011), realizaron una investigación titulado “Contaminación por material particulado ($PM_{2,5}$ y PM_{10}) y consultas por enfermedades respiratorias en Medellín (2008-2009)”. El objetivo fue demostrar que existe prueba estadística de la correlación positiva entre la contaminación por partículas en suspensión en la atmosfera $PM_{2,5}$ y PM_{10} y las consultas externas a causa de enfermedades respiratorio considerando entre ellos rinitis, asma, bronquitis e infecciones. Los investigadores utilizaron modelos de series de tiempo sobre registros diarios de medición para PM_{10} y $PM_{2,5}$. Los resultados hallados mostraron, que la contaminación atmosférica por material particulado suspendido provoca complicaciones respiratorias y, en efecto, es un problema de salud pública en la ciudad de Medellín (p.89).

Este trabajo se relaciona con la presente investigación, ya que aborda las mismas variables de estudio, como son el contaminante y las consultas externas por enfermedades respiratorias; asimismo la metodología empleada nos ayuda en la presente investigación.

Ramírez y Rojas (2009) realizaron una investigación titulado “Influencia de los Contaminantes Atmosféricos en las Infecciones Respiratorias Agudas en Mexicali-Baja California”. El objetivo fue identificar la asociación entre los contaminantes: monóxido de carbono, ozono, partículas suspendidas en el aire (PM₁₀), humedad y temperatura con la ocurrencia de morbilidad por Infecciones Respiratorias Agudas en el área urbana de Mexicali en el estado de Baja California en México. Los investigadores emplearon modelos de regresión lineal simple y múltiple para estudiar las variables mencionadas, asociándolas con las infecciones respiratorias agudas. Los resultados encontrados mostraron un elevado coeficiente de determinación de monóxido de carbono con las infecciones respiratorias agudas en el centro y occidente de la ciudad, bajo coeficiente de determinación con ozono y PM₁₀ y elevado con temperatura. Hallaron que existe alta relación entre el monóxido de carbono y la temperatura con las infecciones respiratorias agudas (p.100).

Este trabajo es pertinente con la presente investigación, puesto que la localidad cerreña pertenece a una zona urbana y fue declarado en emergencia ambiental debido a la contaminación minera y la ciudad de Mexicali también es una zona urbana y fue declarada la tercera ciudad más contaminada de México; asimismo la metodología utilizada ayudó a la investigación donde se utilizó el registro de IRAs de los centros de salud, lo mismo se realizó en los dos hospitales existente la urbe de Cerro de Pasco.

Hernández, Aristizábal, Quiroz, y otros (2007) llevaron a cabo una investigación titulado “Contaminación del aire y enfermedad respiratoria en menores de cinco años de Bogotá, 2007”. El objetivo fue establecer la asociación entre contaminación atmosférica extra e intramuros por partículas en suspensión de diámetros menores a 10 micras con síntomas respiratorios en niños menores de cinco años en los tres lugares del distrito Capital. Los investigadores citados, realizaron un

estudio de cohortes de 315 considerando niñas y niños de jardines situados en áreas de mayor exposición a material particulado suspendido en el aire menores a diez micrones, y 304 de jardines en áreas de menor exposición. Además, se acompañaron las cohortes por diecinueve semanas, considerando síntomas respiratorios. Los resultados reportaron que existe una diferencia de promedios de material particulado intramuros entre mayor y menor exposición de $85,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vs. $61,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($p < 0,05$). 74,3 % de los infantes mostraron sibilancias en el último año, con diferencia entre mayor y menor exposición de 79,6 % vs 69,0 % ($p < 0,05$). Las sibilancias y expectoraciones estuvieron relacionados a mayor exposición a material particulado menores de diez micrones. Las causas asociadas a síntomas respiratorios fueron el tabaquismo pasivo, los antecedentes de sibilancias y bajo peso al nacer, la cercanía del jardín o casa situados a menos de cien metros de las chimeneas, vías de alto flujo vehicular, vías en mal estado (p. 94).

Existe relación con la investigación en curso en la metodología empleada, ya que el estudio es de tipo cohorte, de la misma manera la variable estudiada es del mismo grupo etario.

Sanhueza, Vargas y otros (2006), realizaron una investigación titulado “Impacto de la contaminación del aire por PM_{10} sobre la mortalidad diaria en Temuco”. El objetivo fue determinar la relación entre la concentración de material particulado respirable menor a diez micrones y las consecuencias nocivas de corto plazo sobre la salud de los individuos. Los investigadores utilizaron la información correspondiente a las defunciones cotidianas, concentraciones de material particulado respirable menor a diez micrones y variables meteorológicas, en el durante noviembre de 1997 y diciembre de 2002, para las ciudades de Temuco y Padre las Casas. La data de mortalidad se halló del Ministerio de Salud que considera el domicilio del muerto, fecha de fallecimiento, edad al momento fenecer, sexo y código de la causa originaria o primera de la cadena causal. La metodología de análisis corresponde a la empleada en el estudio multicéntrico europeo, denominado APHEA (Air pollution Health European Approach), la cual precisa un protocolo que contiene la estimación de modelos de regresión Poisson para cada variable respuesta denominada mortalidad

diaria y para la variable de control denominada muertes por cáncer. Los resultados de la investigación reportaron que no existe relación significativa entre las concentraciones de material particulado respirable menor a diez micrones y las variables respuesta en los modelos: MCORT, MCME65, MRME65 y MCANCER. Se concluyó en que los modelos desarrollados, indican una relación significativa entre incrementos de fallecimiento cotidiano y los aumentos de material particulado respirable menor a diez micrones en la ciudad de Temuco a causa de problemas cardiovasculares y respiratorios (p.120).

Este trabajo se relaciona con la investigación en curso puesto que los modelos encontrados explican de una ligazón significativa y aumento de mortalidad por causas respiratorias en personas adultas debido a la presencia de PM_{10} .

Aldunate, Paz y otros (2006) llevaron a cabo un estudio titulado “Los efectos de la contaminación atmosférica por PM_{10} sobre la salud ciudad de La Paz – Bolivia (3 650 m.s.n.m.)”. El objetivo fue estudiar el comportamiento de las concentraciones de PM_{10} en la atmósfera de la zona central de la ciudad de La Paz durante los meses de invierno y determinar el grado en que estas influyen sobre el número de casos de enfermedades respiratorias e infecciones oculares. Los investigadores citados formaron un conjunto de datos almacenados sistemáticamente con información de niveles de contaminación por PM_{10} durante mayo y setiembre del 2003 y entre junio y agosto del 2004. Adicionalmente desarrollaron un conjunto de datos, con información del número de casos de afecciones respiratorias y oculares registrados en tres hospitales especializados entre abril y setiembre del 2003 y entre junio y julio del 2004. Los casos fueron clasificados en tres grupos: enfermedades de las vías respiratorias superiores, de las vías respiratorias inferiores y oculares, por lo que fueron sometidos a un análisis de regresión estadística frente a los grados de contaminación hallados, considerando además la influencia de algunos parámetros meteorológicos. Los resultados de la investigación reportaron que las concentraciones de PM_{10} en la ciudad de La Paz no superan los límites máximos permisibles, sin embargo se registraron efectos significativos sobre la salud de la población, con incrementos de 23% en el número de casos de afecciones de la vías respiratorias inferiores y de 46% en el número

de casos de afecciones de la vías respiratorias superiores, ambos, después de 12 días de haberse registrado exposiciones agudas con incrementos de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en las concentraciones de PM_{10} (p. 110).

Este trabajo se relaciona con la investigación porque utilizó el mismo instrumento que son los Límites Máximos Permisibles (LMP), asimismo la ciudad de la Paz se encuentra a una altura de 3 650 m, sobre el nivel del mar, que es muy similar a la ciudad de Cerro de Pasco que se encuentra a 4 380 m sobre el nivel del mar, el estudio es importante porque registró resultados significativos sobre la salud de las personas con aumentos de 46% de enfermedades respiratorias altas.

Arregoces (2016) realizó una investigación titulado “Análisis de la relación entre el PM_{10} y las infecciones respiratorias en el sector minero de la Baja Guajira Colombiana”. El objetivo fue analizar las relaciones existentes entre el material particulado menores a diez micrómetros y las infecciones respiratorias en la zona minero de la Baja Guajira Colombiana, cuantificando el impacto ambiental directo como resultado de la actividad minera de la explotación del carbón por el método a cielo abierto. El investigador citado empleó como instrumento el modelo de dispersión CALPUFF cuya finalidad es pronosticar las aportaciones de material particulado menores a diez micrones en los receptores ambientales, en un área de 150 km^2 con resolución de 1 km^2 . Las informaciones de sucesos de salud empleados en la investigación se hallaron examinando las consultas externas y urgencias por infecciones en las vías respiratorias altas, informados por dos Entidades Prestadoras de Servicios de Salud. Los resultados hallados revelan que en receptores ambientales situados a 53,01 kilómetros a partir de las fuentes mineras las aportaciones de material particulado menores a diez micrones están en el intervalo de $0,31\text{-}6,21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ revelando los valores significativos de las emisiones por actividades de la minería. El modelo probabilístico estableció que el riesgo relativo, en un radio menor a seis kilómetros, varía entre 0,47-1,58% por cada $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de material particulado menores a diez micrones recibido con duraciones de latencias entre el seis a nueve días. Las cantidades altas de ingestión han sido halladas en receptores ambientales ubicados a longitudes menores de 16 kilómetros de la zona industrial de la mina obteniéndose

cantidades hasta de 0,342. Con supuestos epidemiológicos estándares empleados, la relación dosis-respuestas, se calculó que el 10,39% de las ocurrencias de infecciones respiratorias agudas que se examinaron están directamente asociados con la explotación minera a cielo abierto. Los resultados hallados mostraron que las emisiones de PM_{10} son significativas y constituyen una situación que incrementa las probabilidades de una persona de adquirir infecciones respiratorias agudas en las vías superiores altas para la población del área. El riesgo relativo de contraer y desarrollar infecciones respiratorias agudas en las vías superiores hallado en un radio menor a tres kilómetros a partir de las fuentes mineras, está dado por cada incremento de $1 \mu g/m^3$ de PM_{10} a las concentraciones ambientales se genera un aumento de mostrarse un evento, consultas externas o urgencias, de 1,58% seis días después en la población residente (p. 115). La población más vulnerable son los niños, especialmente los de género femenino.

Este trabajo es pertinente con la investigación aquí planteada, ya que la investigación se realizó en una zona minera cuya explotación es por el método a cielo abierto idéntico a la ciudad de Cerro de Pasco y donde existe personas vulnerables como son los infantes menores a cinco años. La metodología empleada sirvió como guía para el presente trabajo de investigación, en cuanto a la categorización de enfermedades. Asimismo, es importante porque las emisiones de PM_{10} son significativas y constituye un factor de riesgo para la manifestación de eventos por infecciones respiratorias agudas en las vías superiores altas para la población del área de estudio.

Rivera (2012) realizó una investigación titulado “Modelo de identificación de factores contaminantes atmosféricos críticos en Lima – Callao”. El objetivo general fue determinar la calidad general del aire del sector urbano de Lima y el Callao, durante el periodo de 2001 a 2010. El investigador citado utilizó el registro de datos de la contaminación ambiental de la zona urbana de Lima y Callao, empleando las cinco estaciones de muestreo y como instrumentos de gestión ambiental los Límites Máximos Permisibles (LMP) reglamentados para partículas en suspensión menores a diez micrones y para emisiones gaseosas, asimismo el Estándar de Calidad Ambiental

del Aire. La investigación concluyó manifestando que la calidad del aire de la zona urbana de Lima y Callao según partículas menores o iguales a 10 micras PM_{10} son: Estación de monitoreo del Callao es de regular calidad; Estación de monitoreo de Lima Centro es de calidad insalubre; Estación de monitoreo de Lima Este es de mala calidad; Estación de monitoreo de Lima Sur es de mala calidad; Estación de monitoreo de Lima Norte es de calidad insalubre.

Existe relación con el trabajo de investigación por la metodología empleada y los instrumentos utilizados. De la misma manera es importante la investigación porque determinó la calidad del aire de la ciudad de Lima, el mismo que es importante determinar en la urbe de Cerro de Pasco.

Quispe (2013) realizó una investigación denominado “Grado de exposición a contaminantes ambientales y frecuencia a consultas por IRAS en menores de 5 años, distrito de Ate Vitarte, Lima-Perú, 2011”. El objetivo fue determinar la asociación entre el nivel de exposición a contaminantes del aire y la frecuencia a consultas por infecciones respiratorias agudas, en menores de cinco años. El investigador consideró que, para la contaminación atmosférica, el control de calidad de las muestras se usó el monitoreo atmosférico que el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú viene llevando a cabo y que comprende varios procedimientos relacionados a la recolección o muestreo de contaminantes atmosféricos. Ciertas metodologías de índole general para el muestreo de contaminantes del aire son el muestreo pasivo, activo y automático (p.30). En el caso de las IRAs, la recolección de datos del número de atenciones médicas por día, se recurrió a las historias clínicas de pacientes a la consulta, como a las historias clínicas para caracterizar el tipo de IRAs, obviamente con la autorización de la administración del "Hospital de Baja Complejidad Vitarte". El resultado de la investigación en relación a la variable frecuencia por consultas por IRAs, mostró que, en los pacientes menores de 5 años, el 72% son menores de 12 meses de edad; el 52 % de los pacientes son de género femenino; el 87 % de los mismos tienen diagnóstico del tipo de IRAs altas, con diagnóstico de Rinofaringitis aguda no especificada. Con relación al SO_2 (ug/m^3), en ningún día se registra ICA muy malo; observándose que el 100 % tiene un ICA “bueno”. En relación al PM_{10} se observa que en muchos de las estaciones están con ICA “bueno” pero que estadísticamente tiene

una incidencia en la presencia de las IRAs en menores de 5 años. En la estación de invierno, el 89,9% de pacientes tienen diagnóstico de IRAs altas en relación a las demás estaciones del año. La investigación demostró que existe relación significativa entre el grado de exposición a contaminantes atmosféricos (PM_{10}) y la frecuencia de consultas por IRAs altas en menores de 5 años del distrito de Ate Vitarte, Lima, 2011. Con una significancia de $\alpha < 0,0042$.

Cabe indicar que existe relación con el tipo de investigación empleada por ser correlacional y también con la metodología; asimismo se realizó la investigación en niños menores a 5 años. Es importante la investigación porque demostró que existe relación significativa entre el grado de exposición a contaminantes del aire (PM_{10}) y la periodicidad de consultas por infecciones respiratorias agudas altas en personas menores de cinco años del distrito de Ate Vitarte.

Jiménez (2011) realizó una investigación titulado “Efectos de la contaminación atmosférica por PM_{10} sobre las consultas a urgencias por enfermedades respiratorias en menores de 15 años, en mayores de 60 años y mortalidad general en Cali, durante 2010 y 2011”. El objetivo fue evaluar la asociación entre los niveles de PM_{10} y las consultas a urgencias por afecciones respiratorias en infantes menores de quince años, en adultos de sesenta años o más y muertes en general en la ciudad de Cali, en el periodo 2010 y 2011. El investigador mencionado midió la concentración diaria de material particulado con diámetro menor a diez micras y las magnitudes meteorológicas a través de la red de monitoreo de calidad del aire de la ciudad. Las consultas respiratorias diarias se recolectaron de las instituciones de salud y la mortalidad se obtuvo de los certificados de defunción entregados por la Secretaría de Salud Municipal. Se desarrolló un estudio ecológico de series de tiempo. La evaluación de la asociación se realizó mediante el uso de Modelos Aditivos Generalizados (GAM) con función de enlace Poisson y ajuste con curvas de suavización Natural Spline. Los resultados muestran que el promedio de consultas a urgencias en menores de 15 años y mayores de 60 años fue de 72,23 y 10,26 respectivamente en el periodo evaluado de la ciudad. Para la mortalidad general excluyendo causas externas el promedio diario fue de 25,6. La concentración diaria de PM_{10} fue de $26,6 \mu g/m^3$ en la estación de

monitoreo del Centro de Cali. Se encuentra asociación significativa entre afecciones respiratorias en menores de quince años y la variación diaria de PM_{10} . Sin embargo, no sucede lo mismo para los adultos de 60 años o más y mortalidad general. La investigación concluyó en que los resultados de esta investigación confirman los hallazgos de otros estudios, en donde se demuestra el efecto negativo sobre la salud que pueden tener niveles de contaminación que suelen considerarse seguros.

Existe relación con la investigación en la metodología empleada, porque las consultas respiratorias diarias se recolectaron de las instituciones de salud. Es importante la investigación porque demostró que existe asociación significativa entre afecciones respiratorias en menores de quince años y la variación diaria de PM_{10} .

Vivar (2014) realizó una investigación titulado “Cuantificación de material particulado PM_{10} y su efecto toxicológico-ambiental, en la ciudad de azogues”. El objetivo principal fue cuantificar la concentración de material particulado PM_{10} , a través de métodos gravimétricos para establecer los efectos tóxicos potenciales en la población. El investigador citado, utilizó los puntos de muestreo ubicados en el suroeste y el centro de la urbe. Con esta finalidad se empleó el equipo Muestreador de Alto Volumen, que usa métodos gravimétricos establecidos en la USEPA para calcular la concentración de material particulado menor a diez micras en los sectores de alto tráfico vehicular de la población. Las concentraciones diarias de material particulado menor a diez micras de cada mes se promediaron para situarle dentro de la categoría que corresponde al Índice de Calidad del Aire y fijarle una cierta calidad. Esta investigación concluyó que concentraciones diarias de material particulado menor a diez micras sobrepasan en repetidas ocasiones el límite máximo permitido por la normativa legal ecuatoriana de $100 \mu g/m^3$ y asimismo superan el umbral señalado por la Organización Mundial de la Salud de $20 \mu g/m^3$, lo que ocasiona el riesgo de los pobladores a adquirir diferentes tipos de enfermedades especialmente respiratorias y cardiovasculares e inclusive en concentraciones relativamente bajas se han asociado con consecuencias perjudiciales a la salud (p.99).

Existe relación con la investigación porque utilizó como instrumento la normativa ecuatoriana de la calidad de aire, y las guías dada por la Organización

Mundial de la Salud que establece el límite máximo anual de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en efecto la población estuvo expuesta al desarrollo de algunas enfermedades especialmente de tipo respiratorio. Es importante la investigación puesto que demostró que las concentraciones relativamente bajas de PM_{10} están relacionados con efectos adversos en la salud, similar a las encontradas en la presente investigación.

Cáceres (2015) realizó una investigación titulado “Evaluación de los efectos agudos en la función pulmonar por exposición a material particulado fino ($\text{MP}_{2,5}$) en niños que viven próximos a una playa masivamente contaminada con relaves mineros, Chañaral, Chile”. El objetivo fue evaluar la relación entre la exposición diaria a material particulado fino ($\text{MP}_{2,5}$) y la función respiratoria de niños de 6 a 15 de edad que viven cercanos a una playa contaminada con relaves mineros. El investigador citado, hizo un estudio longitudinal tipo panel en una muestra representativa de 140 escolares entre seis y quince años de edad. Al mismo tiempo en el curso de la investigación se monitorearon y registraron todos los días los niveles ambientales de $\text{MP}_{2,5}$ por un espacio de seis meses y se recolectó $\text{MP}_{2,5}$ en distintos microambientes escolares en las estaciones de verano, otoño e invierno a lo largo de la jornada escolar. Las asociaciones que existe de la exposición diaria a $\text{MP}_{2,5}$ y las modificaciones en la función pulmonar fueron evaluados por modelos de regresión de ecuaciones de estimación generalizadas (GEE), controlando por las variables de confusión y/o modificadoras de efecto. Se concluyó que existe una reducción en la capacidad vital forzada para los rezagos de doce a cuarenta y ocho horas ulterior a la exposición al $\text{MP}_{2,5}$ el cual podría estar potenciado por la existencia de alto contenido de metales pesados en los microambientes escolares lugar donde pasan los estudiantes la mayor parte del tiempo, muchos de ellos con notorios efectos tóxicos a nivel del organismo (p. 130).

Este trabajo es pertinente con la investigación aquí planteada, ya que el estudio estuvo asociado a la presencia de pasivos ambientales como son los relaves mineros, idéntico caso ocurre en la localidad de Cerro de Pasco donde existe idénticos pasivos ambientales, la metodología empleada también ayudó a la presente investigación. Es importante la investigación porque estableció que la función del sistema respiratorio expresado como variación de la capacidad vital forzada de los estudiantes se ve

perjudicada de manera negativa por incrementos en las concentraciones de material particulado, especialmente material particulado fino menores a 2,5 micrómetros, ya que en el caso de la urbe de Cerro de Pasco el PM_{10} incluye al material particulado $PM_{2,5}$.

2.3. Bases teóricas

El Perú, país de añeja vocación minera y considerando que en las últimas décadas se han intensificado los proyectos de inversión minera, tanto en el inicio de nuevas unidades mineras como en desarrollo de las existentes, y por la esencia de la actividad de explotación, en el proceso principalmente de perforación y voladura se van a originar polvo.

Este polvo es un agregado de diminutas partículas que se encuentran suspensión en la atmosfera y que está compuesto de minerales y rocas del área donde opera la mina, se produce en distintos tamaños, que para la investigación se enfocó en el área de Cerro de Pasco que incluye el tajo abierto “Raúl Rojas” y sus proximidades; las partículas diminutas que se estudiaron se midió suponiéndolas redondas con el diámetro patrón de un micrómetro que es la 1/1000 partes de un milímetro.

El Banco Mundial (1995) es un ente supranacional, cuyo propósito es asegurar la sostenibilidad de las inversiones, definió en sus guías de desempeño ambiental los límites de emisiones de material particulado:

1. Tajo abierto: Máximo las 24 horas, Media aritmética anual $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
2. Minería subterránea: Máximo las 24 horas, Media aritmética anual $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Según la Guía para la Evaluación de Impactos en la Calidad del Aire Por Actividades Minero Metalúrgicas. Ministerio de Energía y Minas (2007) sostuvo:

La minería superficial causa contaminación por: remover vegetación y suelo de la superficie; remover material de cubierta; voladura; remover material de desbroce, desmonte o mineral; transporte y apilamiento de material de desbroce, desmonte o mineral; extracción, transporte y descarga de mineral; chancado de mineral; beneficio del mineral; operaciones de talleres y plantas de energía; y erosión eólica del tajo abierto, pilas de materiales y áreas expuestas. En la explotación subterránea: “las emisiones se generan por movimientos de tierra vinculados con la realización de actividades en superficie; accesos a piques y rampas; desarrollo de la ventilación; extracción, transporte y descarga de mineral; chancado de mineral; beneficio del mineral; operaciones de talleres y operaciones de plantas de energía por combustión; erosión eólica de pilas de materiales, botaderos, áreas de relaves y otras áreas expuestas; descargas (gases de combustión) por ventilación de la mina; y actividades de voladura” (p. 16).

A esto se suma, el contenido de metales de los depósitos que adicionan los límites de emisión.

Las partículas emitidas en diferentes concentraciones de la actividad minera, he inferido a priori después de algunas observaciones que podrían producir enfermedades respiratorias en los habitantes de la ciudad de Cerro de Pasco, lo que me llevó a realizar la investigación.

La ciudad de Cerro de Pasco cuenta con dos hospitales importantes el del Ministerio de Salud “Daniel Alcides Carrión” ubicado en San Juan Pampa y el Hospital del Seguro Social de Cerro de Pasco, habiendo identificado las enfermedades de tipo respiratorios más frecuentes en la zona como: Amigdalitis aguda debida a otros microorganismos especificados, Amigdalitis aguda, no especificada, Amigdalitis estreptocócica, Faringitis aguda debida a otros microorganismos especificados, Faringitis aguda, no especificada, Infección aguda de las vías respiratorias superiores,

no especificada; Faringitis estreptocócica, Laringitis aguda, Laringitis obstructiva aguda, Laringo faringitis aguda, otras infecciones agudas de sitios múltiples de las vías respiratorias superiores, Rinofaringitis aguda, Sinusitis frontal aguda, no especificada, Sinusitis maxilar aguda, Raqueitis aguda.

2.3.1. Material particulado (MP)

El material particulado es alguna sustancia sin considerar al agua pura, que se encuentra en la atmósfera en estado líquido o sólido bajo condiciones normales y con dimensiones que van desde los 0,002 a 100 μm de diámetro (Finlayson-Pitts, 1986). Se considera como término más general como aerosol, que son partículas líquidas o sólidas en aire o gas. Habitualmente se usan ambos términos. Colin (2004) clasificó:

El material particulado (MP) en diversas clasificaciones entre los aerosoles no excluyentes entre sí. Así pues, las partículas atmosféricas pueden ser:

Naturales: Aquellas que se emiten sin estar involucrado el ser humano.

Antropogénicas: Aquellas que se emiten por actividades en las que está involucrado el ser humano. También, Primarias: Aquellas emitidas directamente a la atmósfera desde las fuentes y Secundarias: Aquellas formadas en la atmósfera por medio de interacciones químicas de gases precursores. (p. 20)

2.3.2. Composición mineralógica y química del material particulado

En el 2007 el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2007) expresó que el material particulado es considerado como un sistema complejo a partir de un enfoque químico y mineralógico. Tomando en consideración las áreas de muestreos, ya sea industriales, urbanos y rurales, la mineralogía y química global de las partículas es muy diversa. Se consideran los siguientes grupos principales: Fracción mineral, compuestos orgánicos, aerosol marino, compuestos Inorgánicos Secundarios (CIS).

A los señalados anteriormente hay que adicionar otros compuestos complejos derivados de las actividades industriales, los cuales contribuyen concentraciones anómalas desde un punto de vista geoquímico a la atmósfera.

2.3.3. Distribución de tamaños.

El diámetro de las partículas suspendidas en el aire es variable comenzando en nanómetros (nm) y llega a decenas de micras (μm). Habitualmente se establecen varias dimensiones de partículas llamados “modas”, que están asociados mayormente con el modo de formación de las partículas, los cuales comprende nucleación, Aitken, acumulación y moda gruesa (Warneck, 1988). Generalmente, el tamaño del material particulado y su composición química poseen características de la fuente emisor. Las partículas comprendidas en diferentes categorías granulométricos cambian de acuerdo al ámbito de investigación. De esta manera, se designa “partículas finas” en ciencias atmosféricas a las partículas que poseen un diámetro menor a $1\mu\text{m}$, en cambio en epidemiología se establece las partículas que poseen un diámetro menor a $2,5\mu\text{m}$. Asimismo, en investigaciones epidemiológicas se nombra a partículas gruesas desde

de 2,5 μm de diámetro, en tanto que en ciencias de la atmósfera se denominan partículas gruesas a aquellos que poseen un diámetro mayor a 1 μm .

2.3.4. Impacto del material particulado sobre la salud

La Organización Mundial de la Salud. OMS (2005) señaló:

Las pruebas relativas al material particulado (MP) suspendido en el aire y sus impactos en la salud pública concuerdan en demostrar los impactos adversos para la salud con las exposiciones que experimentan las poblaciones urbanas en la actualidad, ya sea en países en desarrollo o desarrollados. Las diversas consecuencias son amplias, pero se originan en específico en los sistemas respiratorio y cardiovascular. Se ve perjudicada toda la población, pero la vulnerabilidad a la contaminación puede modificarse con la salud o la edad. Se ha confirmado que el riesgo de varios efectos se incrementa con la exposición, y existen pocas pruebas que muestren un umbral por debajo del cual no cabe prever efectos negativos en la salud (p.7).

De las diversas investigaciones epidemiológicas realizadas en los años que comprenden desde 1980 hasta 1990 se obtuvieron información suficiente para corroborar que existe relación significativa entre la exposición al material particulado suspendido en la atmósfera y varios impactos negativos sobre la salud (Dockerey, D.W. et al., 1993). En estas investigaciones, las clases de material particulado fueron descritas de varios modos, considerando la concentración en masa total (Partículas Totales en Suspensión), considerando la concentración de algunas de sus fracciones (PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$, PM_1), considerando la composición química o la concentración de black carbón (BC). Las consecuencias de la exposición al material particulado suspendido

en la atmosfera, se aprecian ya sea en episodios de contaminación crónicos como en eventos de contaminación agudos definidos por la World Health Organization (WHO, 2002). Ambos tipos de episodios implican incremento de consultas hospitalarios por afecciones de tipo respiratorio y enfermedades cardiovasculares, ambas enfermedades están relacionado con el incremento de mortalidad.

2.3.5. Enfermedades respiratorias

Las infecciones que van desde la nariz hasta el último alvéolo de los bronquios son las llamadas enfermedades respiratorias. Las infecciones en vías respiratorias, en su mayoría, son de corta duración y mejoran sin necesidad de tratamiento. Poco a poco los menores de edad van conociendo las bacterias y reparando sus propias defensas, hasta que llegan a adultos, cuando raramente sufren de este tipo de enfermedades. (Aguilar, 2010, p.45)

Muchas investigaciones han demostrado el efecto de la contaminación del aire en la aparición o agravamiento de ciertas enfermedades, sobre todo aquellas que afectan al sistema respiratorio. La inhalación de aire que presenta contaminantes, supone daños al sistema respiratorio.

Las dimensiones del material particulado, están directamente relacionado con la magnitud de sus impactos. El material particulado (PM₁₀) interviene en la aparición de varias enfermedades respiratorias y agravamiento de afecciones alérgicas. No obstante, el material particulado PM_{2,5} es la que tienen un impacto más grave en la salud. Por poseer menor tamaño le facilita recorrer profundamente en los pulmones, penetrando en el aparato respiratorio y depositándose en los alvéolos pulmonares provocando obstrucciones (Montaño y Sandoval, 2007). Asimismo, el material

particulado está compuesto por elementos más tóxicos como los metales pesados o compuestos orgánicos.

En el caso de la cuenca atmosférica de Cerro de Pasco el material particulado está compuesto de diferentes metales pesados, los que pueden ser cancerígenos.

2.3.6. Infección respiratoria aguda (IRA)

Son dolencias infecciosas del grupo de órganos que toman parte de la respiración con progresos menores a quince días y en ciertas circunstancias se transforman en neumonía. Las infecciones respiratorias agudas son problemas de salud pública, porque representan una de las principales causas de mortalidad y morbilidad en diferentes edades (Norma Oficial Mexicana, 1993).

2.3.7. Clasificación de las infecciones respiratorias agudas

- a) Según la localización: altas y bajas.
- b) Según la etiología: bacterianas, virales, parasitarias y específicas, inespecíficas.

2.3.7.1. Infección respiratoria alta

“Una infección respiratoria alta o infección de vía respiratoria superior, es una enfermedad causada por una infección aguda del tracto respiratorio superior que comprende nariz, senos nasales, faringe o laringe” (Macedo y Mateo, 2008, pp. 137-161).

El término infección respiratoria aguda incluye amigdalitis, faringitis, rinofaringitis, entre otros.

2.3.7.2. Infección respiratoria baja

También conocida como inferior, “las infecciones respiratorias bajas son aquellas donde el agente infeccioso ataca o lesiona la zona del sistema respiratorio bajo la laringe, y comprende la tráquea, los bronquios, bronquiólos y alvéolos pulmonares” (Macedo y Mateo, 2008, pp. 137-161).

Las infecciones de las vías respiratorias inferiores son un problema importante en comparación con las infecciones de las vías respiratorias superiores por su alta frecuencia y efecto. Las infecciones de las vías respiratorias inferiores en niños menores de cinco años muestran signos clínicos generales y respiratorios.

2.3.8. Población vulnerable

En cualquier país existen poblaciones, familias y personas cuya probabilidad de accidentarse, enfermarse o fallecer es mayor que la de otros. Entonces, estos grupos son esencialmente vulnerables y como consecuencia están más propensos a riesgo.

Los habitantes con mayor riesgo a la exposición de contaminantes son los infantes, seniles y personas con enfermedades cardíacas y respiratorias (Sanhueza, Vargas, Mellado, 2006).

La susceptibilidad en los niños es debido a que su sistema nervioso central, inmunológico y respiratorio aún están en desarrollo, asimismo están propensos a una alta exposición a los contaminantes, de la misma manera consumen más alimentos, agua y aire en proporción a su peso, también realizan sus actividades al aire libre o en contacto con el suelo (Zayas y Cabrera, 2007, p. 56).

La exposición a las partículas suspendidas en la atmosfera en los niños se ha asociado a la insuficiencia y desarrollo en la función pulmonar, incremento de enfermedades de tipo respiratorio, síntomas, inasistencias escolares, admisiones en hospitales por enfermedades de tipo respiratorio e incremento en la mortalidad en lactantes y niños (Pope y Dockery, 2006). Estos impactos se muestran con mayor continuidad en niños de 5 años o menos, sin embargo, la vulnerabilidad por exposición y desarrollo de sistemas y órganos se presenta hasta los 18 años.

En la población adulta los efectos al material particulado se deben a los cambios anatómicos y fisiológicos degenerativos inherentes de la edad como son el aumento de las glándulas mucosas, calcificación de cartílagos, disminución de la elasticidad pulmonar, reducción de la superficie alveolar y disminución del volumen residual. Además, el desarrollo de envejecimiento perjudica los mecanismos de

defensa pulmonar haciéndolos más vulnerables a procesos infecciosos (Ocampo, Aguilar, Gómez, 2007).

2.3.9. Aspectos legales

En el diario el Peruano (2005): se publicó la Ley General del Ambiente (Ley N° 28611, 2005), establece que “toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos y el desarrollo sostenible del país”. (p.20)

Con D.L. N° 1013 se aprobó la ley de creación, organización y Funciones del Ministerio del Medio Ambiente quienes tienen la misión de elaborar los estándares de calidad ambiental (ECA) y los límites máximos permisibles (LMP). Que la segunda disposición transitoria del D.S. N° 074-2001-PCM, aprueba el reglamento de estándares nacionales de calidad ambiental del aire, para material particulado PM_{2,5} por 24 horas 50 µg/m³ desde el 1 de enero de 2010 y de 25 µg/m³ desde el 1 de enero de 2014.

Por la actividad socioeconómica que se realiza en las cercanías de la ciudad de Cerro de Pasco, ésta ciudad fue considerada zona de atención prioritaria en el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire del Decreto Supremo N° 074-2001-PCM; este instrumento de gestión ambiental sirvió para prevenir y planificar el control de la contaminación atmosférica sobre la base de una estrategia destinada a proteger la salud, mejorar la competitividad del país y promover el desarrollo sostenible.

Es en este contexto, la Dirección Regional de Salud Pasco, mediante su órgano denominado Dirección de Salud Ambiental en coordinación de DEPA- DIGESA, desarrolló el monitoreo de la calidad del aire dentro de la cuenca atmosférica de la Ciudad, que abarca el área urbana de los distritos de Simón Bolívar, Yanacancha y Chaupimarca.

El D.S. N° 003-2008-MINAM, donde se aprobó los estándares de calidad ambiental para el aire. Los estudios de línea base de los índices de calidad del aire mostraron que la ciudad de Cerro de Pasco, tiene impactos negativos por material particulado, siendo la principal fuente las emisiones provenientes de actividad minera.

2.4. Marco Conceptual

2.4.1. Aire

Es un fluido que compone el aire del planeta la tierra, compuesto por una mezcla gaseosa de aproximadamente de 77% de nitrógeno, 20% de oxígeno y proporciones variables de gases inertes y vapor de agua en relación volumétrica, según establece el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia (MAVDT, 2010).

2.4.2. Amigdalitis

Es una inflamación de las amígdalas. Ocasionalmente, junto con la amigdalitis, el adenoides también se abulta.

2.4.3. Contaminación

Es una modificación no deseable del suelo, aire, agua o alimentos por sustancias tóxicas y que perturban negativamente el entorno y las condiciones de vida, así como la salud o la higiene del hombre.

2.4.4. Contaminación del aire

Es la presencia en el aire de sustancias que causan molestias y/o riesgo para la salud de los seres vivos.

2.4.5. Calidad del aire

Condición del aire en un determinado tiempo.

2.4.6. Cuenca atmosférica

Es un área geográfico demarcado total o parcialmente por formaciones montañosas u otras condiciones naturales con características meteorológicas y

climáticas parecidas, donde la calidad del aire a nivel estacional está afectada por las fuentes de emisión antropogénicas y naturales en el interior de la misma, y en algunos casos, por el transporte de contaminantes procedentes de otras cuencas atmosféricas (Alvarado, 2018).

2.4.7. Clima

Es un conjunto de cualidades atmosféricas propias de una región a lo largo de las estaciones y los años.

2.4.8. Clima seco

Es el que muestra una precipitación promedio anual menor que la evaporación y la transpiración en el mismo periodo.

2.4.9. Correlación

Es la medida de intensidad para analizar la ligazón que existe entre variables. Se cuantifica por medio el coeficiente de correlación, r . Si $|r|$ se acerca a 1, entonces la relación es fuerte, por consiguiente, las variaciones de una de las variables implican fuertemente en la otra. A su vez si $|r|$ se aproxima a cero, la relación es muy débil y las variables están mínimamente relacionadas.

2.4.10. Dirección del viento

Es la dirección a partir del cual viene o sopla el viento, y se mide en grados en la dirección de las manecillas del reloj a partir del norte geográfico.

2.4.11. Enfermedades respiratorias

Son infecciones que transitan a partir de la nariz llegando al último alvéolo de los bronquios (Miranda y Ortiz, 2008).

2.4.12. Emisión

Emanación de contaminantes a la atmósfera desde una fuente fija o móvil.

2.4.13. Estándar de calidad ambiental

En el diario Peruano (2005) se publicó: Ley General del Ambiente (Ley N° 28611, 2005) es el nivel de concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos (p.33).

2.4.14. Estación de monitoreo

Conjunto que comprende los equipos de medición de contaminantes del aire sean primarios y/o de referencia y de medición meteorológica automáticos o manuales ubicados en lugares estratégicos considerados dentro del diseño de una red (Miranda y Ortiz, 2008).

2.4.15. Fuente fija

Es la fuente de emisión ubicado en un lugar específico e inmóvil, incluso cuando la descarga de contaminantes se produce de manera dispersa (MAVDT, 2010).

2.4.16. Fuente fija puntual

Es la fuente fija que lanza contaminantes a la atmosfera por chimeneas o ductos (MAVDT, 2010).

2.4.17. Fuente fija dispersa o difusa

Es aquélla en que los focos de emisión de una fuente fija se diseminan en una zona, por razón del desplazamiento de la acción causante de la emisión (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sostenible, 2010).

2.4.18. Fuente móvil

Es la fuente de emisión que, por razón de su uso o propósito, es capaz de trasladarse, como los automotores o vehículos de transporte a motor de cualquier naturaleza (MAVDT, 2010).

2.4.19. Faringitis

Es una infección o inflamación de la faringe a causa de virus o bacterias.

2.4.20. Grupo etario

Clasificación por grupos de edad.

2.4.21. Grupo vulnerable

Grupo o persona que, por sus peculiaridades de desventaja por edad, sexo, estado civil; nivel educativo, origen étnico, situación o condición física y/o mental; necesitan de un esfuerzo adicional para integrarse al desarrollo y a la convivencia (Comisión de Atención a Grupos Vulnerables, 2014).

2.4.22. Infección respiratoria aguda

Es el conjunto de infecciones sistema respiratorio ocasionado por microorganismos virales, bacterianos y otros, con un período inferior a quince días.

2.4.23. Inventario de emisiones

Es el conjunto de datos a partir de los cuales se puede establecer la distribución de las emisiones de una zona geográfica específica, con la ubicación de las fuentes más importantes y las cantidades que emiten.

2.4.24. Morbilidad

Es el índice de individuos enfermos en un lugar y en un periodo determinado

2.4.25. Monitoreo

Es un proceso planificado de recolección de muestras, ejecución de mediciones y realizar el registro de diferentes características del ambiente (Vivar, 2014).

2.4.26. Material particulado

Tipo de partículas que son emitidas como elementos contaminantes y se manifiesta en forma sólida o como aerosol en la atmósfera.

2.4.27. Monitoreo de la calidad del aire

Conjunto de métodos estructurados para muestrear, analizar y procesar constantemente las concentraciones de sustancias, generalmente contaminantes que se encuentran en la atmósfera en una determinada zona y durante cierto tiempo.

2.4.28. Organización Mundial de la Salud

Es un organismo de las Naciones Unidas fundado en el año 1948, que tiene como objetivo conseguir para todas las poblaciones del mundo el máximo grado de salud.

2.4.29. PM₁₀

Son aquellas partículas menores o iguales a 10 μm , se consideran como contaminantes compuestos por material líquido y sólido de muy diversa composición y tamaño, que se encuentran en la atmósfera.

2.4.30. PM_{2,5}

Son materiales particulados muy pequeños que se encuentran en la atmósfera que poseen un diámetro aerodinámico menor a 2,5 micrómetros.

2.4.31. Parámetros meteorológicos

Es el dato que se considera como imprescindible y orientativo para evaluar o valorar las condiciones climáticas. Los parámetros meteorológicos que deben registrarse periódicamente son: temperatura, precipitación, nubosidad, presión atmosférica, insolación, tendencia barométrica, humedad relativa, velocidad y su dirección del viento.

2.4.32. Programa de vigilancia de la calidad del aire y la salud

Consiste en el recojo, análisis e interpretación de los datos conseguidos desde el inventario de emisiones, de la red de monitoreo de la calidad del aire, de los modelos y el programa de estimación del efecto de la contaminación atmosférica en la colectividad.

2.4.33. Polvo

Son partículas sólidas, pequeñas y secas lanzadas a la atmósfera por la interacción fuerzas naturales como el viento o erupciones volcánicas y por procesos mecánicos originados por el hombre, tales como la molienda, chancado, perforación,

voladura, excavación, abrasión entre otras. Las partículas de polvo son de un diámetro entre 1 y 100 μm .

2.4.34. Plomo

Metal de color gris azulado que se halla en su modo natural en pequeñas cantidades en la capa superficial denominada corteza terrestre. Su uso generalizado ha provocado en diferentes partes del mundo a la contaminación del medio ambiente, un nivel considerable de exposición de las personas y graves problemas de salud pública.

2.4.35. Rinofaringitis

Inflamación de la zona de la rinofaringe. La rinofaringitis es una enfermedad que se produce por la acción de un virus en el sistema respiratorio superior.

2.4.36. Rosa de vientos

Es un gráfico que evidencia las direcciones y velocidades de los vientos que prevalecen en un lugar específico.

2.4.37. Salud

Es una condición de bienestar físico, social y mental, o de equilibrio que puede ser visto a nivel subjetivo o a nivel objetivo según detalla la Real Academia Española (RAE, 2016)

2.4.38. Velocidad del viento

Es la velocidad con la que el aire de la atmósfera se mueve sobre la superficie de la tierra.

2.4.39. Viento

Es el aire que se mueve, con una cierta magnitud y dirección en su velocidad.

2.4.40. Zona de atención prioritaria

Son zonas que tienen centros poblados o poblaciones superiores a 250 000 pobladores o una densidad poblacional por hectárea que evidencien su atención prioritaria o donde se desarrollan actividades socioeconómicas con influencia significativa sobre la calidad del aire (Decreto Supremo N° 074-2001-PCM, 2001).

2.5. Hipótesis y Variables

2.5.1. Hipótesis

Hipótesis General

H_i: Existe relación significativa entre el material particulado PM₁₀ producido por el tajo abierto “Raúl Rojas” y las enfermedades de tipo infecto-respiratorias agudas (IRAs) en la población de la ciudad de Cerro de Pasco, en los años 2010 y 2016.

Hipótesis Específicas

H₁: Existe relación significativa entre el material particulado PM₁₀ debido a la operación del tajo abierto “Raúl Rojas” en la estación de clima seco y las enfermedades de tipo infecto-respiratorias agudas (IRAs) en los niños de 0 a 5 años en la población de la ciudad de Cerro de Pasco, en los años 2010 y 2016.

H₂: Existe relación significativa entre el material particulado PM₁₀ debido a la operación del tajo abierto “Raúl Rojas” en la estación de clima seco y las enfermedades de tipo infecto-respiratorias agudas (IRAs) en los pobladores mayores de 50 años de la ciudad de Cerro de Pasco, en los años 2010 y 2016.

2.5.2. Variables

La presente investigación está centrada en dos variables:

Variable dependiente:

Las enfermedades de tipo respiratorio (IRAs)

Son afecciones muy comunes. Constituyen una importante causa de mortalidad y morbilidad de personas en todas las edades.

Variable Independiente:

Material Particulado (PM₁₀)

Son partículas sólidas o líquidas suspendidas en la atmósfera y en función de sus propiedades físicas y químicas, logran originar consecuencias nocivas en la salud de los seres humanos y en los ecosistemas ambientales. Este contaminante es un indicador conocido como PM₁₀, que son partículas cuyo diámetro es inferior a 10 micrómetros que, al entrar a la tráquea, los pulmones y los bronquios pueden originar diferentes enfermedades tales como afecciones pulmonares, asma, obstrucción pulmonar crónica y cáncer pulmonar (Perez, Schilman y Riojas, 2010).

2.5.3. Operacionalización de variables

Variable 1:

Tabla 1

Variable: Material particulado (PM_{10})

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES
V.1. Material Particulado (PM_{10})	<p>Elemento sólido o líquido diseminado en la atmósfera, que posee un diámetro inferior o igual a 10 μm. Puede proceder de fuentes naturales o artificiales.</p> <p>Es un contaminante criterio (llamado así por su capacidad de alcanzar la zona inferior de los pulmones).</p>	<p>Para determinar el material particulado suspendido en la atmosfera se ha utilizado el muestreador de alto volumen PM_{10}/ Thermo Fisher Scientific, siguiendo un protocolo establecido.</p>	<p>Concentración de material particulado menor a 10 micras en el aire (por unidad de volumen de aire ug/m^3) que se le compara con la norma de la calidad de aire del Perú y la guía criterio de la Organización Mundial de la Salud.</p>

Variable 2

Tabla 2

Variable: Enfermedades de tipo respiratorio

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES
V.2. Enfermedades de tipo respiratorio	Es la Infección Respiratoria Aguda que integra un conjunto de afecciones que se genera en el aparato respiratorio, provocados por distintos microorganismos como virus y bacterias, que se inician de forma repentina y persisten aproximadamente 15 días. (Arredondo y Méndez, 2015). Es la infección más usual en el mundo y constituye un importante problema de salud pública.	Historial clínico y exámenes médicos por infecciones respiratorias agudas altas, de los pacientes infantes menores a o iguales 5 años y mayores a cincuenta años de los dos hospitales de la Ciudad de Cerro de Pasco	Número de atenciones hospitalarias por Infecciones respiratorias agudas altas (amigdalitis, faringitis aguda y rinofaringitis) en infantes menores o iguales de 5 años y adultos con edad superior a 50 años

2.5.4. Dimensiones de la variable independiente

Producción del tajo

El material particulado forma parte de la contaminación atmosférica, su producción se intensifica cuando inicia sus operaciones de tajo abierto en 1956, dicho tajo es el principal abastecedor de mineral de plomo-zinc en la unidad. La operación cuenta con dos botaderos de desmonte en funcionamiento el de Rumiallana y de Miraflores, adicionalmente se cuenta con depósitos para mineral pirítico y oxidado. A

la fecha el desmonte total almacenado es 50 millones de m³. Existen 2 rampas principales este y oeste por donde se realiza el transporte tanto de mineral como el de desmonte o desbroce, los materiales extraídos son caliza, volcánicos, pacos, caliza, pirita.

Matriz experimental

La Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental (DIGESA, 2005) actualmente cuenta con dos (02) Estaciones Meteorológicas Móviles Inalámbricas de la marca Oregon Scientific, modelo WMR968. Estas estaciones vienen funcionando desde fines del mes de mayo 2010, mediante un software.



Figura 1. Consola Táctil.
Fuente: DIRESA-Pasco (2011).



Figura 2. Estación Meteorológica Móvil.
Fuente: DIRESA-Pasco (2011).

Estas estaciones cuentan con su respectiva Consola o Unidad Central (Figura 1), las cuales a través de una antena de 433 MHz recepciona la señal de los sensores externos: veleta, anemómetro, barómetro. Termómetro y pluviómetro (Figura 2) y las muestras en pantalla.

Los sensores externos de la estación a su vez cuentan con 03 emisores de 433 MHz solares que registran y envían la información meteorológica en tiempo real a la Consola.

Un inconveniente que se tuvo con este equipo fue que solo registraba datos por 24 horas, calculando las máximas y mínimas y los promedios diarios debido a que no cuenta con memoria suficiente para registrar más datos, para corregir este problema se tuvo que conectar la consola mediante un cable serial a un computador para que registre en tiempo real la información meteorológica de la estación, pudiendo así generar y almacenar reportes diarios, mensuales y anuales. Para esto se utilizó el programa “Virtual Weather Estacion” versión 14.01..

El equipo empleado para realizar el muestreo de las partículas en suspensión denominado PM₁₀ es el Muestreador de alto volumen, Thermo Fisher Scientific se emplean equipos de alto volumen con motor de presión negativa de alto flujo, el cual aspira el aire del medio ambiente, luego procede a pasar a través de un filtro de cuarzo de 8" x 10". La concentración del material particulado suspendido en el aire (PM₁₀) se estima estableciendo el peso de la masa recolectada y el volumen de aire muestreado (Redaire, s.f).

Tabla 3

Método de referencia para la determinación de material particulado respirable como PM₁₀ en la atmósfera

Norma original	Denominación/Descripción			Año de edición como NTP
40 CFR Parte 50	NTP	900.030:2003	/	2003
Capítulo 1, Apéndice J	Método de referencia para la determinación de material particulado respirable como PM ₁₀ en la atmósfera.			

Nota. Fuente: Datos tomados de INDECOPI (2003).

Principio

Una toma de muestra de aire a flujo constante a través de un cabezal especial separa las partículas mayores a 10 µm. Luego, las partículas menores a 10 µm son colectadas en un filtro durante un periodo de muestreo específico, según establece la Norma Técnica Peruana PM₁₀-2003. (NTP 900.030, 2003)

Cada filtro es desecado y pesado antes y después del muestreo, obteniendo de esta manera el peso neto de la muestra. (NTP 900.030, 2003)

El volumen total del periodo de muestreo debe ser corregido a condiciones estándar (25 ° C y 1 atm). (NTP 900.030, 2003)

$$V_{std} = V_a (P_a / 760 \text{ mmHg}) (298 / (273 + T_a))$$

V_{std} : volumen estandarizado, en m^3

V_a : Volumen actual, en m^3

P_a : Presión ambiental, en mm Hg

T_a : Temperatura ambiental, en °C

El límite de cuantificación de concentración de PM_{10} estará indicado por el momento que la saturación del filtro ocasione la del flujo por debajo del rango para el cual está diseñado el equipo. No obstante, todo muestreador debería ser capaz de medir concentraciones de PM_{10} de por lo menos $300 \mu g/std \text{ m}^3$. (NTP 900.030, 2003)

La precisión de los muestreadores de PM_{10} debe ser de $5 \mu g/m^3$ para concentraciones que se encuentren por debajo de $80 \mu g/m^3$ y 7% para concentraciones que se encuentren por encima de los $80 \mu g/m^3$. (NTP 900.030, 2003)

Fuentes potenciales de error

Partículas volátiles colectadas en los filtros son perdidas con frecuencia durante el traslado y acondicionamiento final de los filtros. Por ello, los filtros deben ser pesados lo más rápido posible luego del muestreo para minimizar pérdidas. (NTP 900.030, 2003)

Errores positivos en las concentraciones de PM_{10} pueden ser resultantes de la retención de especies gaseosas en los filtros, estos errores incluyen la retención de SO_2 y HNO_3 . Este error aumenta cuanto mayor es la alcalinidad del material filtrante. (NTP 900.030, 2003)

Humedad: Los efectos de la humedad en la muestra son inevitables. El acondicionamiento del filtro está diseñado para minimizar los efectos de la humedad en el medio filtrante. (NTP 900.030, 2003)

Manejo de filtro: Manejo cuidadoso de los filtros entre pre y post-muestreo es necesario para evitar errores debido a daños o pérdida en los filtros con partículas. (NTP 900.030, 2003)

Variación del flujo: Variaciones en el flujo puede alterar la discriminación del tamaño de las partículas en la entrada al sistema de muestreo. La magnitud de este error dependerá de la susceptibilidad del ingreso a las variaciones del caudal. El empleo de un dispositivo de control de flujo es indispensable para minimizar este error. (NTP 900.030, 2003)

Determinación de volumen de aire: Los fallos que pueden hallarse para encontrar el volumen de aire puede ser el resultado de errores en el flujo y/o período de muestreo para las mediciones. El dispositivo de control de flujo es útil para disminuir los errores en el cálculo del flujo, el tiempo ocurrido. (NTP 900.030, 2003)

Cabezal de muestro PM₁₀: Será diseñado de tal modo que el muestreo no esté supeditado de la dirección del viento. Para cumplir con ésta última condición debe poseer un cabezal de forma circular con simetría alrededor de un eje vertical. (NTP 900.030, 2003)

Las funciones del cabezal de muestreo PM₁₀ de alto volumen modelo G1200, son muestrear partículas suspendidas en la atmosfera en un intervalo de 1.13 m³/min mediante su entrada circular. Con su diseño simétrico, que asegura que no interfiera la dirección del viento durante el muestreo. (NTP 900.030, 2003)

El diseño de su entrada y su configuración interna hacen que la eficiencia de recolección sea independiente de la velocidad del viento en un rango de 0 a 36 km/h.

Las partículas son aceleradas a través de 9 boquillas de aceleración. Debido a su elevada inercia, las partículas con un tamaño aerodinámico mayor a 10 micras, impactan en una placa. (NTP 900.030, 2003)

El aire es absorbido en el cabezal, es evacuado de la cámara buffer a través de nueve boquillas aceleradoras a la cámara de impacto donde las partículas más grandes que 10 μm son impactadas a la cuña colección de grasa (Redaire, s.f.).

El aire que contiene partículas de PM_{10} es después canalizadas a través de dieciséis tubos de ventilación adicionales y filtrados a través de un filtro de micro cuarzo especialmente formulado (Redaire, s.f.).

Las boquillas de aceleración tienen diámetro crítico calculado y proveen la velocidad necesaria para separar correcta de la partícula dentro de la cámara de impactación. Están diseñados para mantener el la rata de flujo de 1,13 m^3/min ($\pm 10\%$) (Redaire, s.f.).

Medio filtrante: no hay medio filtrante perfecto en todos los aspectos de todos los muestreadores. (NTP 900.030, 2003). El propósito del usuario en el muestreo, es establecer la importancia relativa de las diferentes características del filtro tales como el costo, facilidad de manejo, características físicas y químicas, etc. (NTP 900.030, 2003).

Eficiencia de colección: es mayor o igual a 99%, medida por la prueba DOP (ASTM-2986) con partículas de 0,3 micras. Integridad. $\pm 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, considerando la toma de muestras nominal de 24 horas. Integridad se mide como la concentración equivalente de PM_{10} correspondiente a la diferencia media que existe entre la inicial y el final de los pesos de un blanco de campo. (NTP 900.030, 2003)

Balanza Analítica: Deberá ser adecuado para pesar el tipo y el tamaño de filtros solicitados por el muestreo. La gama y la sensibilidad solicitada necesitaran de los pesos de tara con filtro y cargas de masas. Especialmente necesitan de un equipo

denominado balanza analítica que posee sensibilidad de 0.1 miligramos para muestreos de alto volumen (flujos > 0.5 m³/min). Muestreos de bajo volumen (flujos < 0.5 m³/min) necesitaran una balanza más sensible. (NTP 900.030, 2003)

La duración de un periodo de muestreo debe ser de 24 ± 1 hora

Con la finalidad de garantizar que el flujo sea lo más libre permitido, se deben evitar edificaciones y árboles en una superficie de diez metros al entorno del lugar de muestreo y no coger muestras en las áreas de las edificaciones (DIGESA, 2005) menciona:

Para reducir los impactos que generan las fuentes locales, se aconseja situar la estación de monitoreo a una longitud como mínimo a veinte metros de alguna fuente industrial, doméstica o de vías con alto tráfico vehicular. La entrada del muestreador debe estar ubicado entre 1,5 y cuatro metros sobre el nivel del piso. Una altura de 1,5 metros se utiliza con el objeto de estimar exposiciones potenciales de los individuos a condiciones de gran carga de tráfico vehicular. Sin embargo, para impedir el vandalismo en ciertos lugares de monitoreo, se opta por situar la toma de muestra a una altura de 2,5 metros. Para equipos de PM₁₀ a una longitud de separación de 2 a 4 metros entre ellos (p. 71).

Porcentaje de Componentes Minerales

La caracterización de los componentes del PM₁₀ en la cuenca atmosférica de la ciudad de Cerro de Pasco están constituido de diferentes metales tales como Cobre, Plomo, Manganese, Hierro, Zinc, Cromo y Cadmio, los cuales son extraídos del filtro empleados en el muestreo de material particulado con diámetro menor a diez micrones, a continuación pasa por un proceso químico empleando ácido nítrico para luego filtrar, evaporar y concentrar la prueba, se observa en el espectrofotómetro de absorción

atómica (DIGESA, 2005). Environmental Protection Agency (EPA) - 40 CFR Part 50 National Primary and secondary ambient air quality standards.

Monitoreo meteorológico

Es muy aconsejable que en cualquier monitoreo de la calidad general del aire se debe efectuar adecuadamente el monitoreo meteorológico, teniendo en cuenta que el clima posee una fuerte incidencia en la dispersión y concentración de las sustancias que producen contaminación. En ciertas ocasiones la data que corresponde a la estación de monitoreo meteorológico vecino pueden estar disponibles, pero en otras ocasiones los datos son recolectados in situ (DIGESA, 2005).

Las características meteorológicas, presentan dos estaciones bien definidas: época lluviosa, de octubre a marzo, predominando las lluvias y nieve, y la época seca de abril a setiembre, donde también se registran las temperaturas más bajas por la presencia de heladas.

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

3.1. Tipo y Diseño de Investigación

3.1.1. Tipo de Investigación

El tipo de investigación de acuerdo a nuestro objetivo, es de tipo sustantiva, pues su propósito es dar una respuesta objetiva al problema planteado de la contaminación por material particulado. Esta investigación se enmarcó como una investigación sustantiva descriptiva-explicativa, pues en ella se presentó sistemáticamente las características distintivas de los hechos y luego se explicó para su entendimiento.

El nivel de la investigación es correlacional, porque relaciona el comportamiento de la concentración de las partículas en suspensión con diámetros menores a diez micrones y el número de enfermedades de tipo respiratorio (IRAs).

3.1.2. Diseño de Investigación

Para la finalidad de la presente investigación se desarrolló el diseño no experimental - transversal ya que involucra la observación del hecho en su condición natural como es la generación de polvo particulado que se dispersa a la atmósfera y su correlación con el aumento de las enfermedades de tipo respiratorio en el año 2016 y que tomamos como base el año 2010, como se muestra en la Figura 3:

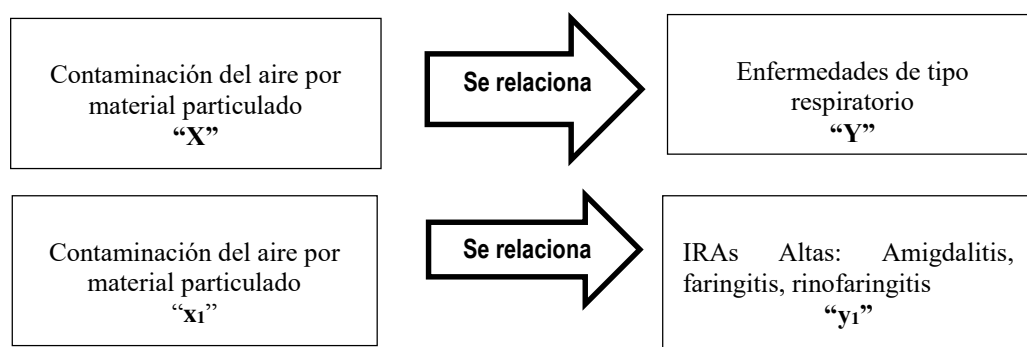


Figura 3. Diagrama de Diseño de Investigación.
Fuente: Elaboración propia.

3.2. Unidad de análisis

El interés de estudio se centra en los pacientes que solicitaron atenciones hospitalarias por infecciones respiratorias agudas altas en los dos hospitales que se encuentran ubicados en la ciudad de Cerro de Pasco, que incluye los rangos etarios de menores o iguales a cinco años y mayores de cincuenta años.

3.3. Población de estudio

La población está conformada por el número de atenciones hospitalarias por infecciones respiratorias agudas de los infantes con edad menor o igual a cinco y los adultos mayores a 50 años que vivían en la población de Cerro de Pasco en los años 2010 y 2016 y con distintos grados de contaminación atmosférica por PM₁₀ suspendido en la atmosfera, como se evidencia en la Tabla 4.

Tabla 4

Población de estudio: Número de atenciones hospitalarias por infecciones respiratorias agudas

DISTRITOS	GRUPO ETARIO	AÑOS		POBLACIÓN
		2010	2016	
Chaupimarca	0-5	2 048	1 580	4 292
	Mayor a 50 años	333	331	
	SUB-TOTAL	2 381	1 911	
Yanacancha	0-5	1 447	1 677	3 702
	Mayor a 50 años	215	363	
	SUB-TOTAL	1 662	2 040	
Simón Bolívar	0-5	1 168	630	2 035
	Mayor a 50 años	155	82	
	SUB-TOTAL	1 323	712	
TOTAL				10 029

3.4. Tamaño de la muestra

Debido a que existió disponibilidad de información de la población, se trabajó con la población accesible, con cada uno de los elementos de la población donde se realiza la observación y que corresponde 10 029 de hospitalizaciones por infecciones respiratorias agudas ocurridas en los periodos de 2010 y 2016.

La información de las cifras de concentración de material particulado suspendido en el aire menores a 10 micras se hallaron del muestreo de las cuatro estaciones de monitoreo durante el periodo 2010 y 2016.

3.5. Selección de muestra

Es un muestreo no probabilístico discrecional porque los individuos se eligieron a juicio del investigador seleccionándose a dos grupos etarios, los niños del grupo etario de 0 a 5 años y adultos mayores de 50 años que se atendieron en los dos hospitales que se ubican en la ciudad de Cerro de Pasco, de modo que cada uno de ellos tenga la misma probabilidad de quedar incluido, es necesario indicar que se consideró aquellos pacientes que fueron diagnosticados por presentar las infecciones respiratorias agudas (IRAs), que incluye las enfermedades de amigdalitis, faringitis y rinofaringitis, del mismo modo se seleccionó a dichos grupos etarios ser los más vulnerables a estas enfermedades.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnica

Se empleó la técnica de recojo de información primaria, analizando las estadísticas y observacional pues se realizó seguimiento de algunos casos y de monitoreo por medio de equipos instalados en las diferentes estaciones donde se extrajeron datos de primera fuente, tal como se evidencia en la Tabla 5.

El registro de datos de la contaminación ambiental por material particulado en la cuenca atmosférica de Cerro de Pasco, su control de calidad de las muestras tuvo la colaboración del monitoreo atmosférico que la DIRESA-PASCO realizó y que involucra una serie de procedimientos asociados a la recolección o muestreo de contaminantes del aire ambiental.

Tabla 5

Ubicación de las estaciones de monitoreo de material particulado en la cuenca atmosférica de Cerro de Pasco

ESTACIÓN DE MONITOREO	UBICACIÓN	COORDENADAS UTM	DISTRITO
E-1: Centro de Salud Túpac Amaru	Av. 9 de diciembre pueblo Joven Túpac Amaru	N: 8 818 319 E: 363 364	Chaupimarca
E-2:DIRESA Pasco/Hospital Carrión	Av. Los Incas s/n San Juan	N: 8 820 382 E: 363 060	Yanacancha
E-3:Puesto de salud de paragsha	Barrio San Andrés Paragsha	N: 8 819 999 E: 361 463	Simón Bolívar
E-4: Campamento Minero Noruega Alta	Campamento Minero Noruega Alta	N: 8 818 305 E: 362 319	Chaupimarca

En el caso de las enfermedades de tipo respiratorio, para la recolección de datos del números de atenciones médicas por día, se recurrió a las historias clínicas de pacientes a la consulta, de los años 2010 y 2016, así como a las historias clínicas para caracterizar el tipo de IRAs, con la autorización de la administración del Hospital Daniel Alcides Carrión ubicado en el distrito de Yanacancha y el Hospital del Seguro Social ubicado en el distrito de Chaupimarca.

3.6.2. Instrumentos

- a) El protocolo de monitoreo de la calidad del aire y gestión de datos, en concordancia con la Resolución Directoral N° 1404-2005-DIGESA-SA., provee los principios básicos para la ejecución de una red de monitoreo de la calidad del aire en exteriores de centros poblados.
- b) R.M N° 316-96-EN/VMM. Límites Máximos Permisibles de elementos compuestos presentes en emisiones gaseosas provenientes de las Unidades Minero - Metalúrgicas, Sub Sector Minería, Ministerio de Energía Minero, Julio 1996.
- c) D.S. N° 074 - 2001- PCM. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire.

Equipos

Estación Meteorológica Davis Monitor de Atenuación Beta 5014i PM2.5 que incluye GPS.

Fuentes de datos primarios:

- a) Registro de datos del Hospital Daniel Alcides Carrión.
- b) Registro de datos del Hospital de Seguro Social de Cerro de Pasco.
- c) Registro de datos de la Cía. Minera Volcan unidad de Cerro de Pasco.

Fuente de datos secundarios:

- a) Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI,
- b) Ministerio de Salud - MINSA,
- c) Ministerio de Energía y Minas.
- d) SENAMHI

3.7. Análisis e Interpretación de la Información

La información que se obtuvo se registró ordenadamente en el programa EXCEL y luego SPSS V 21. Los datos se organizaron de manera textual y gráfica correspondiente a cada ítem a evaluar, en la población de estudio. Para determinar la correlación que existe la contaminación ambiental por partículas y la frecuencia de consultas por enfermedades de tipo respiratorio, se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman.

La estrategia para probar la hipótesis se realizó de acuerdo a las siguientes etapas:

- a) Los datos recolectados, codificados se realizará con el EXCEL para después pasarlos al SPSS V.21, en español; haciendo uso de la estadística descriptiva con sus respectivos gráficos para observar la manifestación de las características de las enfermedades respiratorias.
- b) Para encontrar las correlaciones se empleó el estadígrafo denominado correlación de Spearman, con las cuales se reconoció las asociaciones de la variable contaminación atmosférica por material particulado con enfermedades de tipo respiratorio en la población de la ciudad de Cerro de Pasco, analizando la relación hallada.

- c) Para la contrastación de las hipótesis se empleó el estadígrafo de t de Student con $n-2$ grados de libertad.
- d) Lograda la relación de las variables se procedió a correlacionar y hallar el nivel de correlación de los componentes del material particulado con las enfermedades de tipo respiratorio

CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis, interpretación y discusión de resultados

4.1.1. Análisis e interpretación de resultados

Partículas Menores a 10 Micras (PM₁₀)

Para realizar el análisis e interpretación del material particulado con diámetro menor o igual a 10 micrómetros presente en la atmosfera, se efectuó la siguiente estrategia, se clasificó la información de las estaciones de monitoreo de Chaupimarca, Yanacancha y Simón Bolívar, correspondientes a la cuenca atmosférica de Cerro de Pasco, tomando en cuenta las estaciones de la zona; estación de clima seco y estación de clima lluvioso; el clima seco corresponde a los periodos mensuales abril, mayo, junio, julio, agosto y setiembre y el clima lluvioso que corresponde a los meses de octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo.

El material particulado suspendido en la cuenca atmosférica de Cerro de Pasco, está compuesto de cobre, plomo, manganeso, fierro zinc y cromo, de los cuales el de mayor proporción expresada en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ es el fierro, seguidos en orden decreciente por manganeso, zinc, plomo, cobre y cromo y de ellos la más dañina es el plomo. Las

fuentes de PM_{10} son el tajo abierto “Raúl Rojas” en primer orden, luego las diferentes escombreras, depósitos de pirita, pilas de lixiviación y los depósitos de relaves que son áreas que se encuentran expuestas al aire libre sin un adecuado manejo ambiental.

Los datos del material particulado (PM_{10}), fueron el resultado del muestreo realizado en las estaciones de monitoreo ubicados en Chaupimarca, Yanacancha y Simón Bolívar en el periodo de 2010 y 2016, dichas datas fueron de las estaciones de monitoreo. Para su análisis se emplearon los estándares de calidad ambiental del aire y la directriz de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2016).

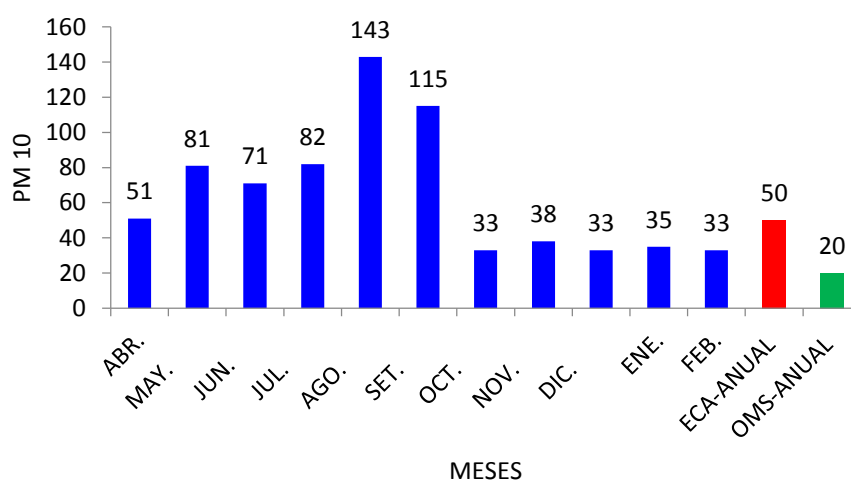
Los resultados de las cuatro estaciones de monitoreo (dos estaciones en Chaupimarca, uno en Yanacancha y uno en Simón Bolívar), durante el año 2010 y 2016, fueron trabajados teniendo en cuenta lo antes mencionado, asumido en el presente trabajo.

En el año 2010, la Tabla 6 muestra el monitoreo de material particulado PM_{10} (ug/m^3), Estación 1: Puesto de salud de Túpac Amaru ubicado en el distrito de Chaupimarca se observa que no se reportan dos datas ello es por el equipo estuvo en mantenimiento y lo mismo ocurre para los todos los meses y en las estaciones donde no hay data; de la misma manera analizando se encuentra que los niveles de concentración promedio anual de partículas PM_{10} , tiene un valor de $62 ug/m^3$, que supera el estándar anual ECA establecido, este porcentaje es aún más si comparamos con la directriz del OMS anual estos valores son nocivos para el medio ambiente y la salud de la población.

Tabla 6

Material Particulado - PM 10 (ug/m³)-2010

ESTACIÓN	CLIMA SECO						CLIMA LLUVIOSO					
	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	
E-1:	42	71	59	79	119	132	-	18	53	23	39,0	
CHAUPIMARCA	43	91	54	68	145	104	-	27	22	23	37,3	
	67	80	101	100	164	110	33	68	24	58	22,8	
PROMEDIO	51	81	71	82	143	115	33	38	33	35	33,0	
PROMEDIO												
ANUAL						62						
ESTANDAR												
ANUAL-ECA						50						
(ug/m³)												
DIRECTRIZ-												
OMS: ANUAL						20						
(ug/m³)												

Figura 4. Concentración Promedio - PM₁₀- 2010 - Estación 1 - Chaupimarca.

En el año 2010, la Tabla 7 muestra el monitoreo de material particulado PM₁₀ (ug/m³). Estación 2: Hospital D. A. Carrión - DIRESA - ubicado en el distrito de Yanacancha se observa que los niveles de concentración promedio anual de partículas

PM₁₀, tiene un valor de 60.18 ug/m³, que supera el estándar anual ECA establecido, este porcentaje es aún más si comparamos con la directriz del OMS - anual, por tanto estos valores son dañinos para la salud de la población y el medio ambiente.

Tabla 7

Material Particulado - PM₁₀(ug/m³)-2010

ESTACIÓN	CLIMA SECO						CLIMA LLUVIOSO				
	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.
E-2:	49	107	81	73	108	51	80	33	62	28	14.2
YANACANCHA	48	57	61	114	151	112	31	73	37	12	10.3
	-	55	76	83	154	69	98	65	35	22	26.5
PROMEDIO	48	73	72	90	137	77	70	57	45	21	17.0
PROMEDIO											
ANUAL						60,18					
ESTANDAR											
ANUAL-ECA						50					
(ug/m ³)											
DIRECTRIZ-											
OMS: ANUAL						20					
(ug/m ³)											

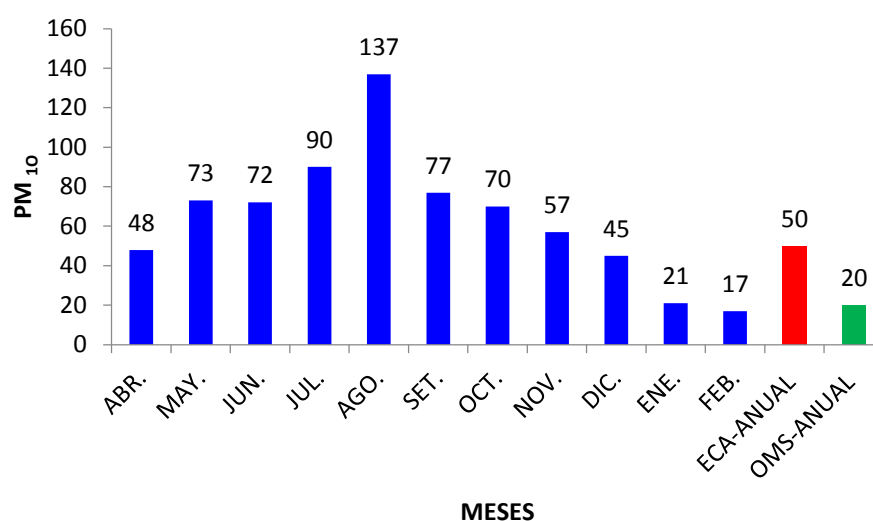


Figura 5. Concentración Promedio - PM₁₀- 2010 - Estación 2-Yanacancha.

Para el año 2010, en la Tabla 8 se muestra el monitoreo de material particulado suspendido en la atmósfera PM₁₀, en la estación 3, ubicado en el distrito de Simón Bolívar, se aprecia que los niveles de concentración tienen en promedio anual de partículas PM₁₀, de 72,18 ug/m³, el cual excede del estándar anual ECA del aire, esta concentración es aún más si comparamos con la directriz del OMS-Anual; en consecuencia, estas concentraciones son dañinas para la salud de la población en estudio y el medio ambiente.

Tabla 8

Material Particulado-PM₁₀ (ug/m³)-2010

	CLIMA SECO						CLIMA LLUVIOSO					
ESTACIÓN	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	
E-3:	21	57	86	82	79	130	101	27	92	71	19,0	
PARAGSHA	52	43	144	64	138	125	66	42	31	75	61,2	
PROMEDIO	44	66	118	146	142	65	91	106	17	59	48,4	
PROMEDIO ANUAL	39	55	116	97	120	107	91	58	47	68	43,0	
ESTANDAR ANUAL-ECA (ug/m³)						72,18						
DIRECTRIZ-OMS: ANUAL (ug/m³)						50						
						20						

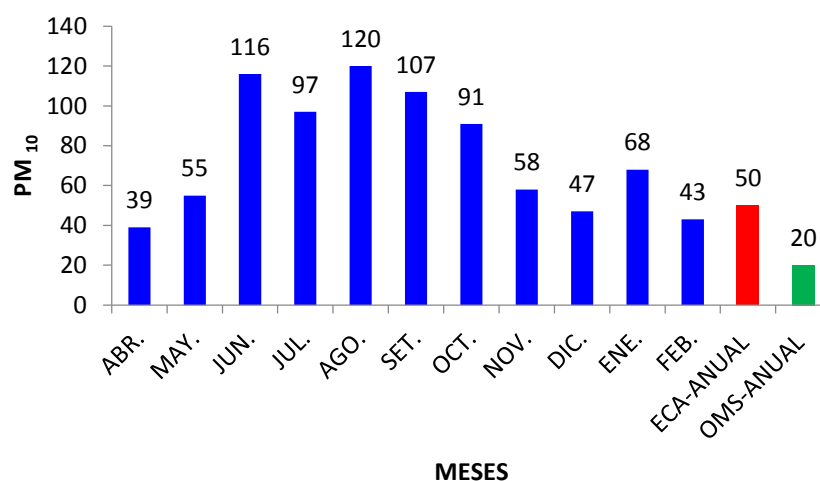


Figura 6. Concentración Promedio - PM₁₀- 2010-Estación 3 - Simón Bolívar.

Para el año 2010, en la Tabla 9 se muestra el monitoreo de material particulado suspendido en la atmosfera PM₁₀ (ug/m³), correspondiente a la estación 4, ubicado en el distrito de Chaupimarca, se advierte que el comportamiento de la concentración aritmética anual promedio de las partículas suspendidas respirables con diámetro menor a diez micrones, fue 81,81 ug/m³, que supera el estándar anual ECA para el aire, esta concentración sobrepasa aún más sin comparemos con la directriz del OMS-Anual, por consiguiente estas concentraciones son dañinos para la salud de la población en estudio y el medio ambiente.

Tabla 9

Material Particulado -PM 10 (ug/m³)-2010

ESTACIÓN	CLIMA SECO						CLIMA LLUVIOSO					
	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	
E-4: CAMPAMENTO	72	98	110	105	104	256	105	40	47	89	22,2	
MINERO NORUEGA	57	95	113	61	193	118	27	53	79	78	12,9	
ALTA –												
CHAUPIMARCA	90	82	148	79	148	121	58	68	27	80	-	
PROMEDIO	73	92	124	82	148	165	63	54	51	82	17,0	
PROMEDIO ANUAL						81,81						
ESTANDAR						50						
ANUAL-ECA (ug/m³)												
DIRECTRIZ-OMS:						20						
ANUAL (ug/m³)												

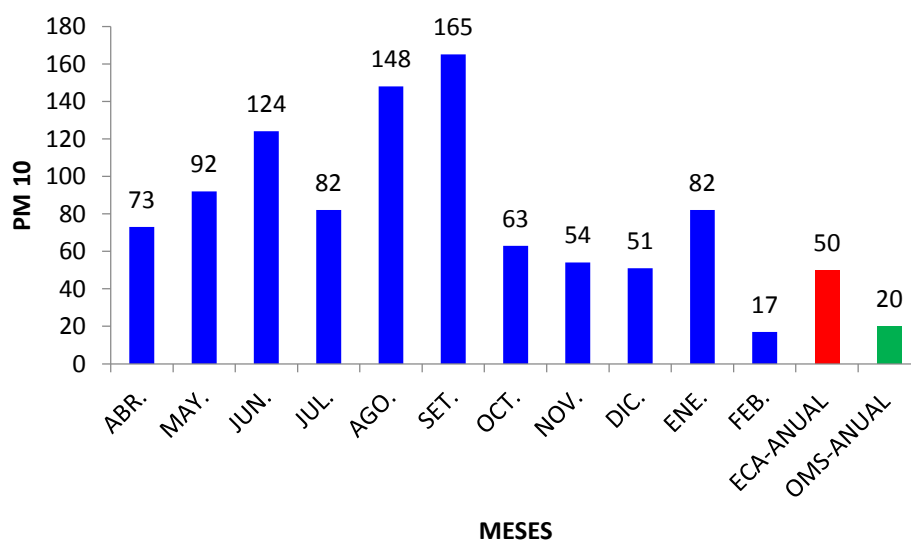


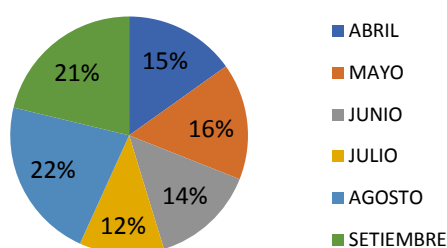
Figura 7. Concentración Promedio - PM₁₀- 2010 -Estación 4 – Chaupimarca.

Número de atenciones hospitalarias. Para el desarrollo de la investigación se consideró una población teniendo en cuenta el total atenciones hospitalarias por infecciones respiratorias agudas en las personas más vulnerables que son los infantes menores o iguales a cinco años y los adultos de 50 años o superior.

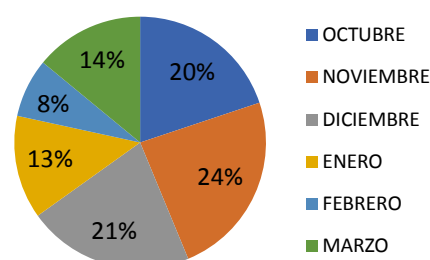
Tabla 10

Número de Atenciones Hospitalarias por Infecciones Respiratorias-2010. Grupo Etario: 0-5 Años- distrito de Chaupimarca

													TOTAL ANUAL
MESES	CLIMA SECO						CLIMA LLUVIOSO						
	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	
TOTAL	310	325	292	236	450	435	347	417	373	232	132	245	3 794
PROMEDIO				341,3						291			



ESTACIÓN DE CLIMA SECO



ESTACIÓN DE CLIMA LLUVIOSO

Figura 8. Porcentaje de Atenciones Hospitalarias por Infecciones Respiratorias 2010. Grupo Etario: 0-5 Años- distrito de Chaupimarca.

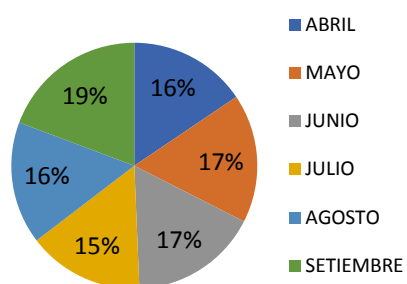
Análisis: En la Figura 8, se evidencia la cantidad de atenciones hospitalarias a consecuencia de las infecciones respiratorias agudas en el distrito de Chaupimarca, que prevalecieron en ambos hospitales que cuenta la ciudad de Cerro de Pasco para el año 2010, para pacientes menores o iguales a cinco años, en clima seco se presenta ocurrencias máximas en el mes de agosto con un 22% y un mínimo en el mes de julio con un 12%; mientras que en el clima lluvioso la ocurrencia máxima se mostró en el mes de noviembre con un 34% y un mínimo el mes de febrero con un 8%. Por lo

general en promedio, durante el clima seco se tuvo mayor ocurrencia de atenciones hospitalarias que el clima lluvioso.

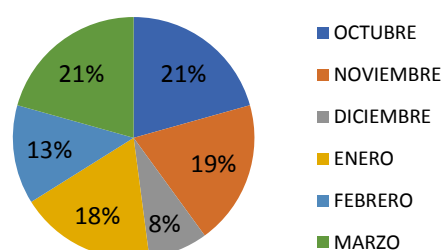
Tabla 11

Número de Atenciones Hospitalarias por Infecciones Respiratorias-2010. Grupo Etario: 0-5 Años-distrito de Yanacancha

													TOTAL ANUAL
MESES	CLIMA SECO						CLIMA LLUVIOSO						
	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	
TOTAL	225	245	244	221	233	279	268	251	103	236	172	268	2 745
PROMEDIO	241,2						216,3						



ESTACIÓN DE CLIMA SECO



ESTACIÓN DE CLIMA LLUVIOSO

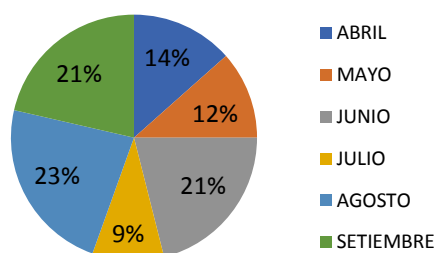
Figura 9. Porcentaje de Atenciones Hospitalarias por Infecciones Respiratorias 2010. Grupo Etario: 0-5 Años - distrito de Yanacancha.

Análisis: En la Figura 9 se muestra la cifra de atenciones hospitalarias a consecuencia de las Infecciones respiratorias agudas en el distrito de Yanacancha, que prevalecieron a lo largo del año 2010, para pacientes menores o iguales a cinco años, durante el clima seco mostró ocurrencia máxima en el mes de setiembre con un 19 % y un mínimo en el mes de julio con un 15%; mientras que en el clima lluvioso la ocurrencia máxima se mostró en los meses de octubre y marzo con un 21% y un mínimo el mes de diciembre con un 8%. Por tanto, en promedio durante el clima seco se tuvo mayor ocurrencia de atenciones hospitalarias que el clima lluvioso.

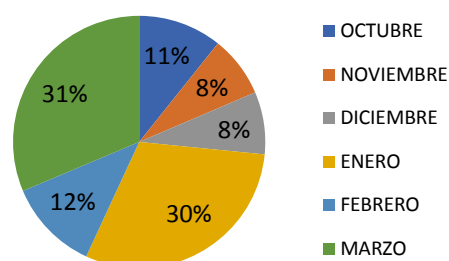
Tabla 12

Número de Atenciones Hospitalarias por Infecciones Respiratorias-2010 Grupo Etario: 0-5 Años-distrito de Simón Bolívar

MESES	CLIMA SECO						CLIMA LLUVIOSO						TOTAL ANUAL
	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	
TOTAL	157	135	246	110	270	250	63	46	47	178	69	184	1 755
PROMEDIO			194,67						97,83				



ESTACIÓN DE CLIMA SECO



ESTACIÓN DE CLIMA LLUVIOSO

Figura 10. Porcentaje de Atenciones Hospitalarias por Infecciones Respiratorias-2010. Grupo Etario: 0-5 Años- distrito de Simón Bolívar.

Análisis: En la Figura 10 se muestra la cantidad de atenciones hospitalarias debido a infecciones respiratorias agudas (IRAs) en el distrito de Simón Bolívar, que prevalecieron durante el año 2010, para pacientes menores o iguales a cinco años, en clima seco reveló ocurrencia máxima en el mes de agosto con un 23% y un mínimo en el mes de julio con un 9%; en cambio en clima lluvioso la ocurrencia máxima se evidenció en el mes de marzo con un 31% y un mínimo los periodos de noviembre y diciembre con un 8%. Por lo regular en promedio durante el clima seco se tuvo mayor ocurrencia de atenciones hospitalarias que el clima lluvioso.

Tabla 13

Número de Atenciones Hospitalarias por Infecciones Respiratorias 2010. Grupo Etario: Mayores de 50 Años-distrito de Chaupimarca

30 Años - distrito de Chacabambarcu													TOTAL ANUAL
MESES	CLIMA SECO					CLIMA LLUVIOSO							
	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	
TOTAL	33	24	24	48	127	85	26	54	70	65	31	44	631
PROMEDIO			56,83						48,33				

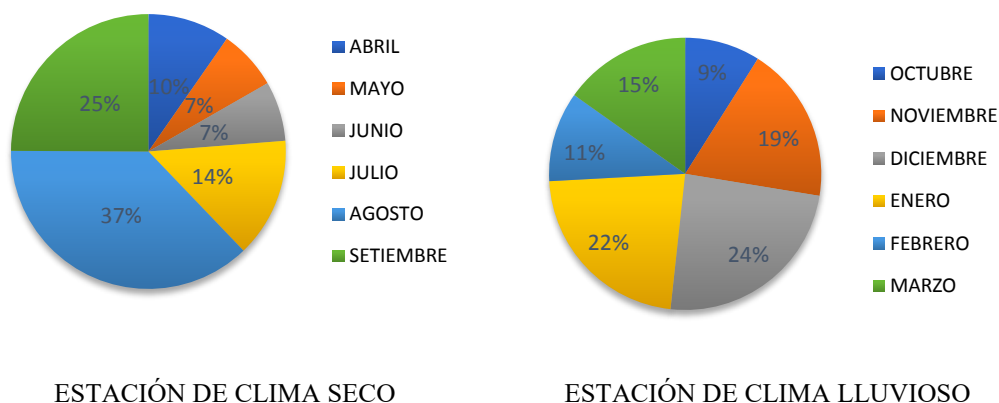


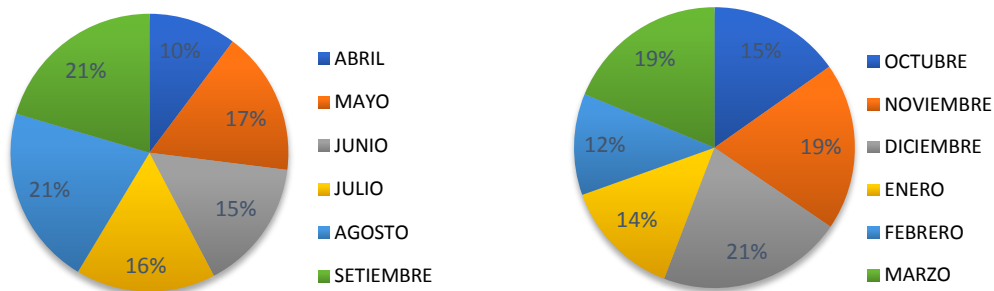
Figura 11. Porcentaje de Atenciones Hospitalarias por Infecciones Respiratorias-2010. Grupo Etario: mayores de 50 Años-distrito de Chaupimarca.

Análisis: En la Figura 11 se muestra la cantidad de atenciones hospitalarias debido a infecciones respiratorias agudas (IRAs) en el distrito de Chaupimarca, que prevalecieron durante el año 2010, para pacientes mayores a cincuenta años, durante el clima seco se evidenció ocurrencia máxima en el mes de agosto con un 37% y un mínimo en los meses de mayo y junio con un 7%; entre tanto en clima lluvioso la ocurrencia máxima se mostró en el mes de diciembre con un 24% y un mínimo el mes de octubre con un 9%. En promedio durante el clima seco se evidenció mayor ocurrencia de atenciones hospitalarias que en clima lluvioso.

Tabla 14

Número de Atenciones Hospitalarias por Infecciones Respiratorias-2010. Grupo Etario: Mayores de 50 Años-distrito de Yanacancha

												TOTAL ANUAL	
MESES	CLIMA SECO					CLIMA LLUVIOSO							
	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	
TOTAL	22	36	33	35	45	44	30	38	42	27	23	37	412
PROMEDIO			35,83						32,83				



ESTACIÓN DE CLIMA SECO

ESTACIÓN DE CLIMA LLUVIOSO

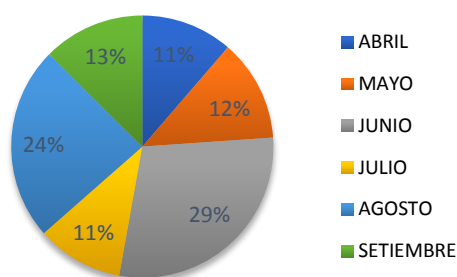
Figura 12. Porcentaje de Atenciones Hospitalarias por Infecciones Respiratorias-2010. Grupo Etario: mayores de 50 Años-distrito de Yanacancha.

Análisis: En la Figura 12 se muestra el número de atenciones hospitalarias por padecimientos infecciosos de las vías respiratorias en el distrito de Yanacancha, que prevalecieron en el hospital de seguro Social y el hospital Daniel Alcides Carrión, durante el año 2010, para pacientes mayores a cincuenta años, durante el clima seco se demuestra ocurrencia máxima los meses de agosto y setiembre con un 21% y un mínimo en el mes de abril con un 10%; entre tanto en clima lluvioso la ocurrencia máxima se mostró en el mes de diciembre con un 21% y un mínimo el mes de febrero con un 12%. En promedio durante el clima seco se tuvo mayor ocurrencia de atenciones hospitalarias que el clima lluvioso.

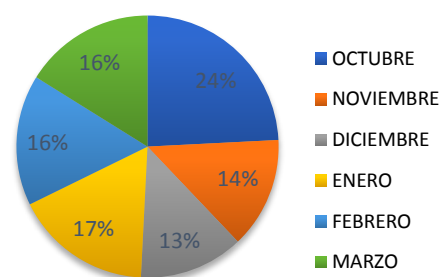
Tabla 15

Número de Atenciones por Infecciones Respiratorias -2010. Grupo Etario: Mayores de 50 Años-distrito de Simón Bolívar

MESES	CLIMA SECO						CLIMA LLUVIOSO						TOTAL ANUAL
	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	
TOTAL	18	20	46	17	38	20	30	17	16	21	20	20	283
PROMEDIO			26,5						20,67				



ESTACIÓN DE CLIMA SECO



ESTACIÓN DE CLIMA LLUVIOSO

Figura 13. Porcentaje de Atenciones Hospitalarias por Infecciones Respiratorias-2010. Grupo Etario: mayores de 50 Años-distrito de Simón Bolívar.

Análisis: En la Figura 13 se muestra el número de atenciones hospitalarias por enfermedades de tipo respiratorio (IRAs) en el distrito de Simón Bolívar, que prevalecieron en el hospital de seguro Social y el hospital Daniel Alcides Carrión, durante el año 2010, para pacientes mayores a cincuenta años, durante el clima seco mostró ocurrencia máxima en el mes de junio con un 29% y un mínimo en los meses de abril y julio con un 11%; mientras que en clima lluvioso la ocurrencia máxima se mostró en el mes de octubre con un 24% y un mínimo el mes de diciembre con un

13%. En general, en promedio durante el clima seco se tuvo mayor ocurrencia de atenciones hospitalarias que el clima lluvioso.

Para el año 2016, en la Tabla 16 se muestra el monitoreo de material particulado PM_{10} (ug/m^3), Estación 1: Puesto de Salud de Túpac Amaru ubicado en el distrito de Chaupimarca, se observó que no se reportan la data del mes diciembre, porque el equipo estuvo en mantenimiento y lo mismo ocurre para los todos los meses y en las estaciones donde no hay data; analizando la data se encontró que los valores de concentración promedio anual de partículas PM_{10} , para el 2016 tiene un valor de $39.58 ug/m^3$, que es inferior del estándar anual ECA establecido; si comparamos con la directriz del OMS-anual, estamos por encima de esta directriz, estos valores así sean menores al ECA anual son dañinos para la salud de la población cerreña y el ambiente, según estudios realizados por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Tabla 16

Material Particulado - PM_{10} (ug/m^3)-2016- Estación 1, distrito de Chaupimarca

	CLIMA SECO						CLIMA LLUVIOSO				
	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	ENE.	FEB.	MAR.
PROMEDIO	23,9	29,01	53,32	67,15	58,85	29,21	56,20	33,87	27,51	26,48	29,89
PROMEDIO ANUAL						39,58					
ESTANDAR ANUAL-											
ECA (ug/m³						50					
DIRECTRIZ-OMS:											
ANUAL (ug/m³)						20					

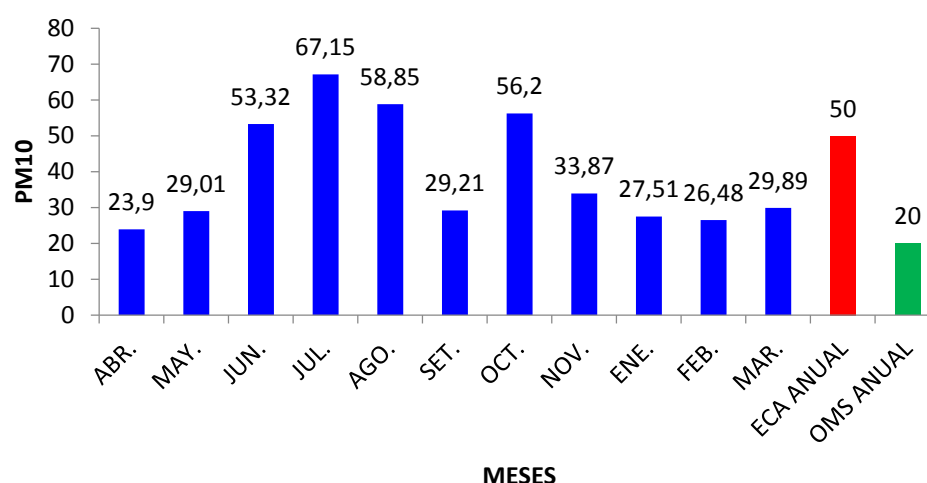


Figura 14. Concentración Promedio - PM₁₀- 2016 -Estación 1-Chaupimarca.

El monitoreo de material particulado PM₁₀ (ug/m³), de la Estación 2: Hospital Daniel Alcides Carrión ubicado en el distrito de Yanacancha, se observó que no se reportan la data del mes de diciembre, porque el equipo estuvo en mantenimiento y lo mismo ocurre para los todos los meses y en las estaciones donde no hay data (ver Tabla 17); de la misma manera analizando se encuentra que los valores de concentración promedio anual de partículas PM₁₀, para el 2016 tiene un valor de 45.25 ug/m³, que es inferior del estándar anual ECA establecido; si comparamos con la directriz del OMS-anual, estamos por encima de esta directriz, estos valores así sean menores al ECA anual son nocivos para la salud de los infantes menores o iguales a cinco años y las personas mayores a cincuenta años y el ambiente, según estudios realizados por OMS.

Tabla 17

Material Particulado - PM₁₀ (ug/m³)-2016- Estación 2, distrito de Yanacancha

	CLIMA SECO						CLIMA LLUVIOSO					
	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	ENE.	FEB.	MAR.	
PROMEDIO	20,87	17,77	77,63	89,58	32,90	58,12	67,06	58,89	20,60	34,43	19,92	
PROMEDIO ANUAL						45,25						
ESTANDAR ANUAL-												
ECA (ug/m ³)						50						
DIRECTRIZ-OMS:												
ANUAL (ug/m ³)						20						

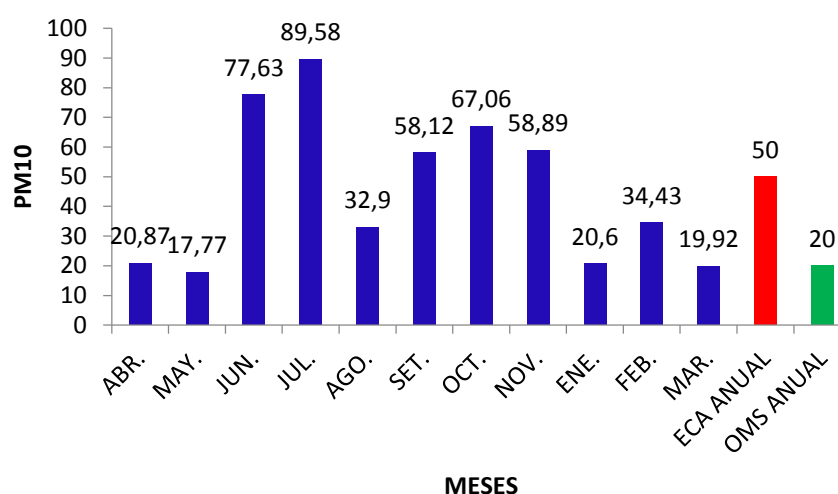


Figura 15. Concentración Promedio - PM₁₀ - 2016 - Estación 2-Yanacancha.

El monitoreo de partículas suspendidas en la atmósfera con diámetros menores a diez micras, en el distrito de Simón Bolívar, evidenció la falta de data del mes de diciembre, esto es a consecuencia que a lo largo de ese mes el equipo se encontró en mantenimiento preventivo, lo mismo sucede para los todos los meses y en las estaciones donde no existe data (ver Tabla 18); asimismo analizando los grados de concentración promedio anual de partículas suspendidas PM₁₀, para el 2016 tiene un

valor de 28.29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, que es inferior del estándar anual ECA para el aire; sin embargo si comparamos con la directriz del OMS-anual, estamos por encima de esta directriz, en consecuencia estos valores son perjudiciales para la salud de la población y el medio ambiente.

Tabla 18

Material Particulado - PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)-2016- Estación 3, distrito de Simón Bolívar

	CLIMA SECO						CLIMA LLUVIOSO					
	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	ENE.	FEB.	MAR.	
PROMEDIO	21,13	19,69	30,23	46,08	52,87	28,43	40,07	20,57	13,67	21,45	17,04	
PROMEDIO ANUAL	28,29											
ESTANDAR ANUAL-ECA ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	50											
DIRECTRIZ-OMS: ANUAL ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	20											

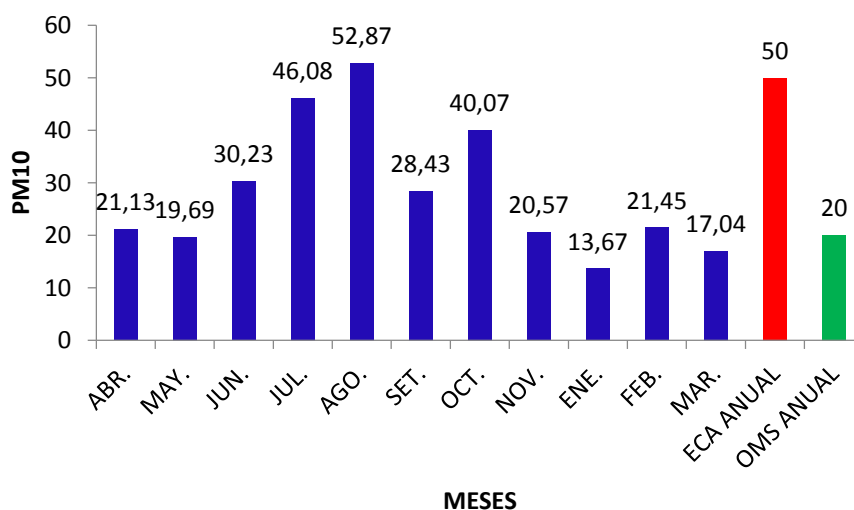


Figura 16. Concentración Promedio - PM_{10} -2016 -Estación 3 - Simón Bolívar.

Tabla 19

Número de Atenciones Hospitalarias por Infecciones Respiratorias-2016. Grupo Etario: 0-5 Años, distrito Chaupimarca

													TOTAL ANUAL
MESES	CLIMA SECO							CLIMA LLUVIOSO					
	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	
TOTAL	254	234	281	318	245	248	274	292	244	208	212	259	3 069
PROMEDIO			263.33						248.17				



Figura 17. Porcentaje de Atenciones Hospitalarias por Infecciones Respiratorias-2016. Grupo Etario: 0-5 Años-distrito de Chaupimarca.

Análisis: En la Figura 17 se muestra el número de atenciones hospitalarias por enfermedades que afectan el sistema respiratorias (IRAs) en el distrito de Chaupimarca, que prevalecieron en el hospital de seguro Social y el hospital Daniel Alcides Carrión, durante el año 2016, para pacientes menores a cinco años, durante el clima seco mostró ocurrencia máxima en el mes de julio con un 20% y un mínimo los meses de mayo y agosto con un 15%; mientras que en clima lluvioso la ocurrencia máxima se mostró en el mes de noviembre con un 20% y un mínimo los meses de enero y febrero con un 14%. En general, en promedio

durante el clima seco se tuvo mayor ocurrencia de atenciones hospitalarias que el clima lluvioso.

Tabla 20

Número de Atenciones Hospitalarias por Infecciones Respiratorias -2016 Grupo Etario: 0-5 Años-distrito de Yanacancha

												TOTAL ANUAL	
MESES	CLIMA SECO						CLIMA LLUVIOSO						
	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	
TOTAL	280	237	314	270	282	294	285	270	290	172	120	202	3 016
PROMEDIO			279,50						223,17				

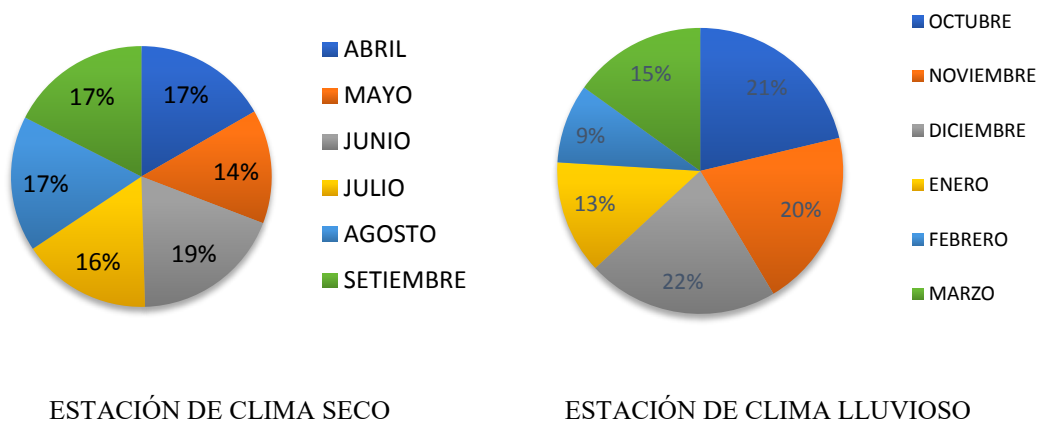


Figura 18. Porcentaje de Atenciones Hospitalarias por Infecciones Respiratorias-2016- Grupo Etario: 0-5 Años-distrito de Yanacancha.

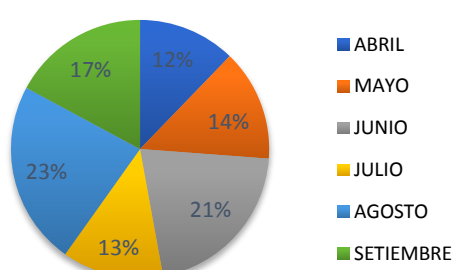
Análisis: En la Figura 18, se muestra las cifras de atenciones hospitalarias a consecuencia de infecciones respiratorias agudas en el distrito de Yanacancha, que

prevalecieron, a lo largo del año 2016, para pacientes menores o iguales a cinco años, en clima seco se evidenció ocurrencia máxima en el mes de junio con un 19% y un mínimo en el mes de mayo con un 14%; entre tanto en clima lluvioso la ocurrencia máxima se evidenció en el mes de diciembre con un 22% y un mínimo el mes de febrero con un 9%. Generalmente, durante el clima seco se obtuvieron ocurrencias de atenciones hospitalarias mayores que el clima lluvioso.

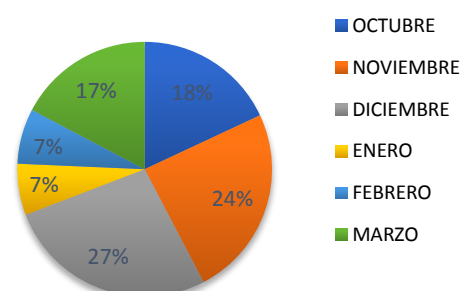
Tabla 21

Número de Atenciones Hospitalarias por Infecciones Respiratorias-2011 Grupo Etario: 0-5 Año, distrito de Simón Bolívar

													TOTAL ANUAL	
MESES	ABRIL	CLIMA SECO					CLIMA LLUVIOSO							
		MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO		
TOTAL		77	88	132	80	145	108	72	97	107	26	28	69	1 029
PROMEDIO				105						66,50				



ESTACIÓN DE CLIMA SECO



ESTACIÓN DE CLIMA LLUVIOSO

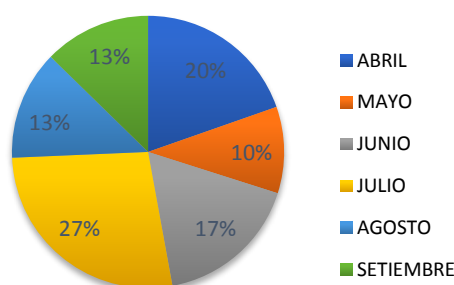
Figura 19. Porcentaje de Atenciones Hospitalarias por Infecciones Respiratorias-2016. Grupo Etario: 0-5 Años-distrito de Simón Bolívar

Análisis: En la Figura 19, se muestra el número de atenciones hospitalarias por infecciones del aparato respiratorias agudas (IRAs) en el distrito Simón Bolívar, que prevalecieron en el hospital de seguro Social y el hospital Daniel Alcides Carrión, durante el año 2016, para pacientes menores a cinco años, durante el clima seco mostró ocurrencia máxima en el mes de agosto con un 23% y un mínimo el mes de abril con un 12%; mientras que en clima lluvioso la ocurrencia máxima se mostró en el mes de diciembre con un 27% y un mínimo los meses de enero y febrero con un 7%. En general, en promedio durante el clima seco se tuvo mayor ocurrencia de atenciones hospitalarias que el clima lluvioso.

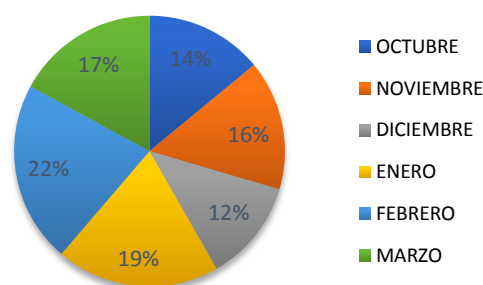
Tabla 22

Número de Atenciones Hospitalarias por Infecciones Respiratorias -2016. Grupo Etario: Mayores de 50 Años-distrito de Chaupimarca

												TOTAL ANUAL	
MESES	CLIMA SECO					CLIMA LLUVIOSO							
	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	
TOTAL	65	34	57	90	43	42	46	51	40	64	71	56	659
PROMEDIO			55.17						54.67				



ESTACIÓN DE CLIMA SECO



ESTACIÓN DE CLIMA LLUVIOSO

Figura 20. Porcentaje de Atenciones Hospitalarias por Infecciones Respiratorias-2016. Grupo Etario: Mayores de 50 Años-distrito de Chaupimarca.

Análisis: En la Figura 20, se muestra el número de atenciones hospitalarias por enfermedades respiratorias que aquejan las vías respiratorias en el distrito de Chaupimarca, que prevalecieron en el hospital de seguro Social y el hospital Daniel Alcides Carrión, durante el año 2016, para pacientes mayores a cincuenta años, durante el clima seco mostró ocurrencias máximas en el mes de julio con un 27% y un mínimo en el mes de mayo con un 10%; mientras que en clima lluvioso la ocurrencia máxima se mostró en el mes de febrero con un 22% y un mínimo el mes de diciembre con un 12%. En general, en promedio durante el clima seco se tuvo ocurrencia de atenciones hospitalarias ligeramente mayor que el clima lluvioso.

Tabla 23

Número de Atenciones Hospitalarias por Infecciones Respiratorias -2016. Grupo Etario: Mayores de 50 años-distrito de Yanacancha

													TOTAL ANUAL
MESES	CLIMA SECO						CLIMA LLUVIOSO						
	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	
TOTAL	70	40	60	80	49	64	71	56	84	55	35	51	715
PROMEDIO				60.50					58.67				

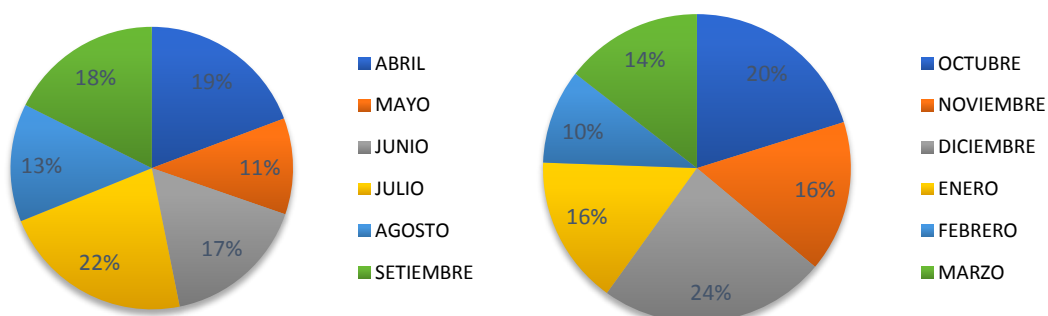


Figura 21. Porcentaje de Atenciones Hospitalarias por Infecciones Respiratorias-2016- Grupo Etario: mayores a 50 Años-distrito de Yanacancha.

Análisis: En la Figura 21, se muestra el número de atenciones hospitalarias por enfermedades tipo respiratorio en el distrito de Yanacancha, que prevalecieron, a lo largo del año 2016, para pacientes mayores a cincuenta años, en clima seco se demostró ocurrencia máxima en el mes de julio con un 22% y un mínimo en el mes de mayo con un 11%; sin embargo, en clima lluvioso la ocurrencia máxima se presentó en el mes de diciembre con un 24% y un mínimo el mes de febrero con un 10%. En promedio, durante el clima seco se obtuvieron ocurrencias ligeramente mayores de atenciones hospitalarias que en clima lluvioso.

Tabla 24

Número de Atenciones Hospitalarias por Infecciones Respiratorias -2016. Grupo Etario: Mayores de 50 Años distrito de Simón Bolívar

												TOTAL ANUAL	
MESES	CLIMA SECO					CLIMA LLUVIOSO							
	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	
TOTAL	11	13	15	16	20	7	11	16	18	7	4	2	140
PROMEDIO				13.67					9.67				

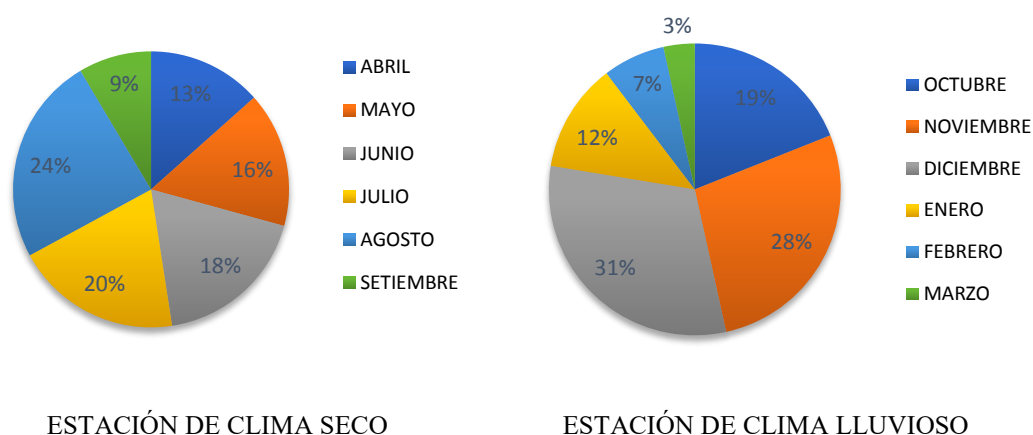


Figura 22. Porcentaje de Atenciones Hospitalarias por Infecciones Respiratorias-2016- Grupo Etario: mayores de 50 Años-distrito de Simón Bolívar.

Análisis: En la Figura 22, se muestra el número de atenciones hospitalarias por padecimientos infecciosos (IRAs) en el distrito Simón Bolívar, que prevalecieron en el hospital de seguro Social y el hospital Daniel Alcides Carrión, durante el año 2016, para pacientes mayores a cincuenta años, durante el clima seco mostró ocurrencia máxima en el mes de agosto con un 24% y un mínimo en el mes de setiembre con un 9%; mientras que en clima lluvioso la ocurrencia máxima se mostró en el mes de noviembre con un 28% y un mínimo el mes de marzo con un 3%. En general, en

promedio, durante el clima seco se tuvo mayor ocurrencia de atenciones hospitalarias que el clima lluvioso.

FUENTES DE CONTAMINACIÓN

Tajo abierto “Raúl Rojas”

El Tajo abierto Raúl Rojas, es el principal componente operativo de la compañía minera Volcan, hoy Empresa Administradora Cerro SAC, el mismo que inició sus operaciones desde 1956; se encuentra emplazada en un relieve topográfico moderado y algo irregular rodeada de colinas, pequeñas depresiones, donde se encuentra parte de la ciudad de Cerro de Pasco. El tajo abierto, tiene un área de 138 hectáreas y se extiende por debajo de 350 m del nivel de la superficie.

Constituye la principal fuente de contaminación que generó material particulado en la atmosfera de Cerro de Pasco y como consecuencia afectó la salud de los habitantes de dicha ciudad.

La contaminación del aire aún no ha sido mitigada en su totalidad, y es fuente directa de enfermedades de tipos respiratorio en los pobladores, especialmente de los niños menores o iguales a 5 años y adultos de 50 años o superior.

Los parámetros generales del tajo abierto “Raúl Rojas” son:

Tabla 25

Parámetros del tajo abierto Raúl Rojas

Dimensión Horizontal	Eje Mayor	Eje menor
Orientación	Norte-Sur	Este-Oeste
Dimensión	1,800.00 m	1,100 m

Nota. Fuente: Datos tomados de Unidad Minera de Cerro de Pasco (2016).

Stock Piles

Constituyen el material que se va a volver a tratar (minerales piritosos con alto contenido de plata); todos los Stock Piles mencionados son activos. Los minerales piritosos han sido clasificados desde el tajo “Raúl Rojas” y depositados en las áreas pertenecientes a los siguientes Stock Piles.

Los Stock Piles remanentes, como el stockpile Paragsha Este, cubre un área aproximada de 37.4 Ha, incluyendo los stockpiles menores alrededor del tajo, y consisten en:

- Pacos con plata, plomo y bismuto y pacos con baja ley;
- Fundente de pirita, algo con leyes de plata; y
- Fundente de sílica, algo con leyes de plata.

Los depósitos que se han acumulado en este Stock Pile son principalmente fragmentos rocosos de calizas, así como también de roca volcánica en menor porcentaje (2%).

Hay que considerar que casi el 50 % de los materiales depositados en este botadero han sido acumulados desde hace 15 años aproximadamente. Estos materiales

han servido además como base para los depósitos acumulados en los últimos años de Volcan Compañía Minera S.A.A, hoy Empresa Administradora Cerro S.A.C.

La granulometría de los materiales en los Stock Piles, son de las siguientes características:

El tamaño de los fragmentos acumulados está por el orden de las 4 pulgadas de diámetro hasta 20 pulgadas. En algunos casos están mezclados con material fino generado por la rotura de los fragmentos debido a su transporte o también al tipo de alteración que con el tiempo han sufrido.

Depósito de Relaves Ocroyoc

El depósito de relaves Ocroyoc, se encuentra en operación desde 1 992, está situado dentro del valle glaciario de pampa Santo Domingo, aproximadamente 1,00 Km al Oeste de Quiulacocha y 4,00 Km al Suroeste del Tajo Raúl Rojas.

Este depósito tiene un área de 121 Ha, una altura máxima de 32 m y contiene más de 11 Mm³ de relaves.

El depósito o cancha de relaves está ubicado en la quebrada Ocroyoc perteneciente a la comunidad campesina de Rancas, distante unos 5 kilómetros y a una altitud ligeramente menor a la Planta, por lo que el transporte se efectúa por gravedad mediante tubería de fierro. El agua de rebose de la cancha de relaves se recircula a la Planta para su reutilización.

Botaderos de desmonte

Los depósitos de residuos pertenecientes a la Unidad Minera se muestran en la Tabla 26:

Tabla 26

Botaderos de desmonte

Depósitos de Residuos	Coordenadas UTM		Área Ocupada (m ²)	Volumen (m ³)
	Este	Norte		
Rumiallana	361 823	8 821 243	583 766	11 393 156
Miraflores	361 456	8 819 342	107 217	954 310
Hanancococha	360 541	8 819 533	80 995	80 994

Nota. Fuente: Datos tomados de la Unidad Minera de Cerro de Pasco (2016).

Constituye un depósito de desechos mineros (material estéril), proveniente del tajo abierto, ubicado en las nacientes del río Tingo, entre el Pueblo Joven José Carlos Mariátegui (Distrito de Simón Bolívar) y la Asociación Pro-Vivienda 27 de Noviembre (Distrito de Yanacancha).

Produce impactos ambientales negativos en los habitantes y la cuenca del río Tingo, tales como impactos atmosféricos, por la emisión de partículas sólidas, gases y ruidos; impactos paisajísticos, debido al cambio de la morfología natural del terreno; impactos hidrológicos, porque las actividades mineras modifican de los cauces, produciendo importantes cambios en el balance de agua entre infiltración y escorrentía, debido a la modificación del suelo y la vegetación que lleva consigo por efecto de las aguas ácidas.

4.1.2. Clima y meteorología

Clima de la zona de estudio

El clima de la zona en estudio se ha determinado tomando en consideración, los parámetros meteorológicos principales de las estaciones de monitoreo.

En la zona de estudio el clima en el rango de altitud entre 3800 - 4300 m.s.n.m es clasificado como lluvioso y frío con otoño e invierno secos, y de acuerdo a la clasificación del SENAMHI, según Thornthwaite, deficiente de lluvias en invierno y sin cambio térmico invernal bien definido cuya escala de valores de acuerdo a las Tablas de Jerarquía de Humedad y Temperatura.

En Cerro de Pasco, el en transcurso del año, la temperatura generalmente varía de -2 °C a 13 °C y rara vez baja a menos 5 °C o se eleva más de 16 °C

Precipitación

Por lo que la persistencia de la precipitación es durante casi todo el año, ocurriendo las mayores precipitaciones en los meses de primavera y verano es decir en la época de mayor calor (octubre a abril) y siendo un poco escaso en el invierno en los meses de mayo a setiembre.

La precipitación promedio en la estación seca para el año 2010 es 18,27mm y la máxima ocurrida es en el mes de abril con 59,9 mm. y la mínima de 0,0 mm ocurrida en agosto. Asimismo, la precipitación promedio en la estación seca para el año 2016

es 32,63 mm y la máxima ocurrida es en el mes de abril con 76,2 mm. y la mínima de 9,7 mm ocurrida en julio, como se muestra en la Tabla 27.

Tabla 27

Precipitación promedio mensual 2010-2016

MES	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Precipitación mensual - Estación seco							
Abril	59,9	65,7	104,7	85,6	71,1	98,0	76,2
Mayo	17,0	25,6	44,2	46,7	45,2	43,1	23,7
Junio	2,0	0,0	17,6	26,6	22,0	15,7	20,0
Julio	7,0	15,6	5,7	21,4	19,7	19,5	9,7
Agosto	0,0	12,9	7,3	35,6	8,3	8,9	33,5
Setiembre	23,7	102,7	53,6	52,5	73,7	56,6	32,7
Precipitación mensual - Estación húmeda							
Enero	178,0	165,8	152,6	190,4	198,1	139,0	87,7
Febrero	123,3	164,2	163,8	134,7	165,2	65,0	138,2
Marzo	126,4	149,3	88,4	177,0	156,0	129,8	107,0
Octubre	94,1	73,1	108,8	168,3	63,4	76,3	135,7
Noviembre	73,1	76,5	116,7	77,8	92,9	124,4	20,6
Diciembre	120,0	191,7	203,8	119,2	124,9	120,9	118,0

Nota. Fuente: Datos tomados de SENAMHI (2016).

Temperatura

La Temperatura es el parámetro más dependiente de las variaciones altitudinales. Para su análisis se ha seleccionado registros de 12 años (1993-1995 y 1998-2006).

De los datos mostrados en la tabla se aprecia que la temperatura es casi constante a lo largo del año, siendo la temperatura promedio anual de 5,2 °C, ocurriendo las mayores temperaturas en los meses de noviembre a abril, la temperatura máxima promedio fluctúa entre 5,0 y 7,5 °C, mientras que la temperatura mínima promedio varía entre 3,3 y 5,1 °C.

Para la presente investigación se tiene una temperatura promedio para la estación seca en el año 2010 de 12,33°C, presentándose la mayor temperatura en el mes de julio con 13,2°C. Asimismo se tiene una temperatura promedio para la estación seca en el año 2016 de 12,10°C, presentándose la mayor temperatura en el mes de mayo con 12,9°C como se muestra en la Tabla 28.

Tabla 28

Cuadro de temperaturas 2010-2016

Mes	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Temperatura máxima - Estación seca							
Abril	11,7	10,0	10,2	11,4	10,3	9,9	12,0
Mayo	12,5	11,4	11,0	11,5	11,0	10,8	12,9
Junio	11,8	11,6	10,3	9,7	11,7	11,2	11,7
Julio	13,2	10,8	11,3	9,2	10,7	12,0	12,3
Agosto	12,7	12,3	11,4	10,6	10,7	12,3	12,1
Setiembre	12,1	10,7	10,5	11,6	10,5	12,3	11,6
Temperatura mínima - Estación seca							
Abril	1,7	0,7	1,3	0,9	1,1	1,7	1,0
Mayo	0,7	-0,3	-0,4	0,6	0,8	1,1	0,6
Junio	-1,2	-1,4	-1,7	0,0	-1,3	-1,0	-2,0
Julio	-2,3	-2,4	-2,5	-2,0	-1,9	-2,2	-3,3
Agosto	-3,1	-1,5	-2,8	-1,6	-2,1	--	-1,0
Setiembre	-0,9	-0,1	-2,1	-0,9	0,0	0,7	-0,9
Temperatura máxima - Estación húmeda							
Enero	10,3	9,3	10,7	11,0	11,0	10,5	12,8
Febrero	11,1	9,1	10,1	10,5	10,0	10,6	11,4
Marzo	11,4	9,7	9,8	10,2	10,3	10,4	12,0
Octubre	11,9	11,2	11,7	10,5	10,3	11,7	11,6
Noviembre	11,1	12,1	11,2	11,6	12,0	11,8	13,5
Diciembre	10,1	9,7	10,0	10,8	11,1	10,9	10,9
Temperatura mínima - Estación húmeda							
Enero	2,3	1,6	1,2	1,8	1,8	1,6	1,8
Febrero	2,7	1,3	1,5	2,4	1,6	2,1	3,2
Marzo	2,9	1,7	1,4	2,2	1,3	1,6	2,5
Octubre	-0,1	0,7	0,6	0,7	0,4	0,6	0,6
Noviembre	0,9	0,7	1,3	0,7	1,1	1,1	0,0
Diciembre	1,5	1,0	1,9	1,6	1,9	1,9	1,6

Nota. Fuente: Datos tomados de SENAMHI (2016)

Humedad Relativa

El análisis de la humedad relativa se realizó en base a la información de las estaciones de monitoreo de la cuenca atmosférica de Cerro de Pasco, como se muestra en la Tabla 29.

En general se puede manifestar que la humedad relativa para el año 2010 durante la estación seca presentó un promedio de 76,83% y para el 2016, el promedio fue de 86,17%.

Tabla 29

Cuadro de Humedad Relativa 2010-2016

MES	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Humedad Relativa Media Mensual - Estación seca							
Abril	76,0	82,0	86,0	83,0	86,0	87,0	85,0
Mayo	73,0	80,0	86,0	85,0	85,0	88,0	84,0
Junio	76,0	80,0	84,0	84,0	85,0	85,0	86,0
Julio	78,0	83,0	83,0	87,0	85,0	84,0	84,0
Agosto	78,0	83,0	83,0	86,0	86,0	84,0	84,0
Setiembre	80,0	84,0	82,0	85,0	83,0	85,0	94,0
Humedad Relativa Media Mensual - Estación húmeda							
Enero	79,0	85,0	80,0	85,0	86,0	86,0	84,0
Febrero	75,0	84,0	76,0	88,0	86,0	82,0	86,0
Marzo	76,0	83,0	85,0	86,0	86,0	86,0	84,0
Octubre	79,0	83,0	85,0	86,0	86,0	84,0	84,0
Noviembre	81,0	83,0	81,0	82,0	85,0	86,0	87,0
Diciembre	89,0	81,0	86,0	85,0	85,0	84,0	84,0

Nota. Fuente: Datos tomados de SENAMHI (2016).

Vientos

Para evaluar este parámetro meteorológico se ha empleado los registros de la estación de monitoreo de la cuenca atmosférica de Cerro de Pasco del periodo 2010 y 2016 y los datos de monitoreo de SENAMHI, como se muestra en la Tabla 30.

El análisis de esta información muestra que en el área de estudio en el año 2010 para la estación seca los vientos predominantes con los datos de SENAMHI provienen Noreste, con velocidades que van desde 2,1 m/s a 3,1 m/s, de acuerdo a la clasificación en la escala de Beaufort son vientos ligeros presentándose los vientos más fuertes en el mes de agosto con valor de 3,1 m/s; la velocidad del viento en promedio para la estación seca es 2,5 m/s. Asimismo para el año 2016 para la estación seca los vientos predominantes provienen del Noreste, con velocidades que van desde 1,5 m/s a 3,5 m/s, considerado como ligeros, presentándose los vientos más fuertes en el mes de agosto y setiembre, mayores a 3,5 m/s; la velocidad del viento promedio en la estación seca para el 2016 es de 2,1 m/s.

Tabla 30

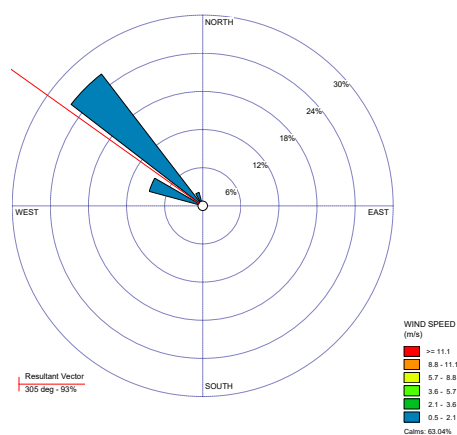
Cuadro de dirección y velocidad de vientos 2010-2016

Mes	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Dirección del viento - Estación seca							
Abril	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Mayo	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Junio	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Julio	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Agosto	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Setiembre	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Velocidad del viento - Estación seca							
Abril	2,2	1,8	1,5	1,9	1,9	2,0	1,7
Mayo	2,3	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9
Junio	2,2	2,2	2,1	2,1	1,8	2,3	2,1
Julio	2,6	2,3	2,1	2,0	2,2	2,1	2,3
Agosto	3,1	2,6	2,1	2,0	2,2	2,3	2,3
Setiembre	2,7	2,4	2,1	2,1	2,2	2,1	2,3
Dirección del viento - Estación húmeda							
Enero	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Febrero	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Marzo	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Octubre	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Noviembre	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Diciembre	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Velocidad del viento - Estación húmeda							
Enero	2,1	2,2	1,6	1,9	1,9	2,0	1,9
Febrero	2,4	2,0	1,8	1,7	1,5	2,0	1,7
Marzo	2,2	1,9	2,1	1,8	2,0	1,8	1,9
Octubre	2,3	2,0	2,1	1,8	2,2	2,3	2,0
Noviembre	2,4	2,1	1,8	2,2	2,1	1,9	2,3
Diciembre	2,1	1,7	1,8	2,0	1,9	2,0	2,0

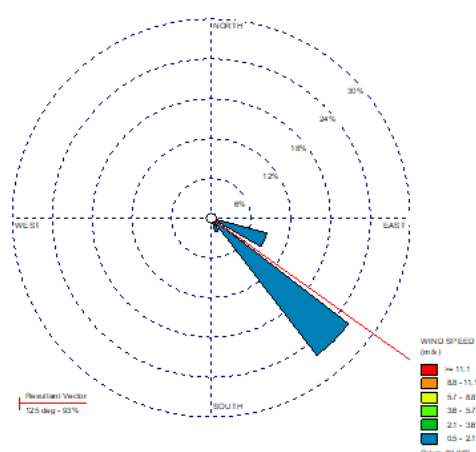
Nota. Fuente: Datos tomados de SENAMHI (2016)

Rosa de los vientos

Las siguientes rosas de los vientos muestra la dirección de las frecuencias de las velocidades del viento en la fase de investigación que corresponde a la estación seca, los resultados se obtuvieron con el software WRPLOT view.

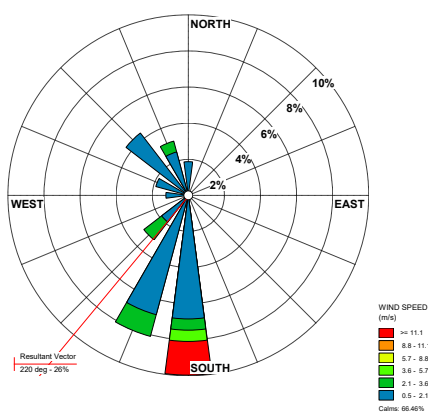


Mayo-Barlovento

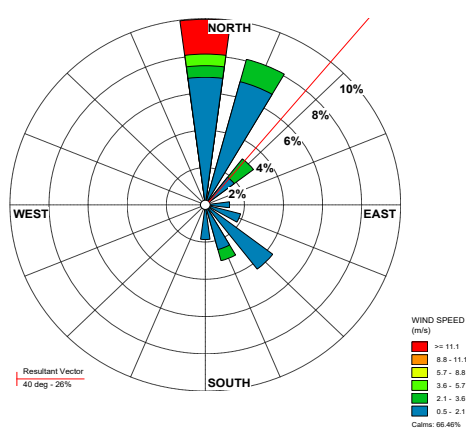


Mayo-Sotavento

Figura 23. Rosa de los vientos de la Estación N° 1 distrito de Chaupimarca-2010.

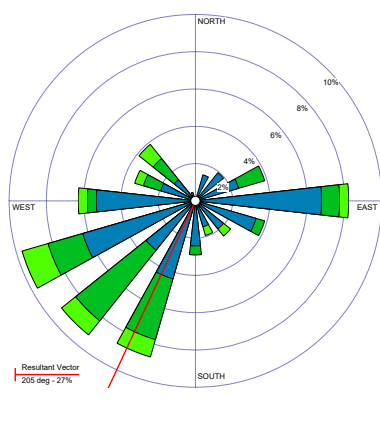


Setiembre-Barlovento

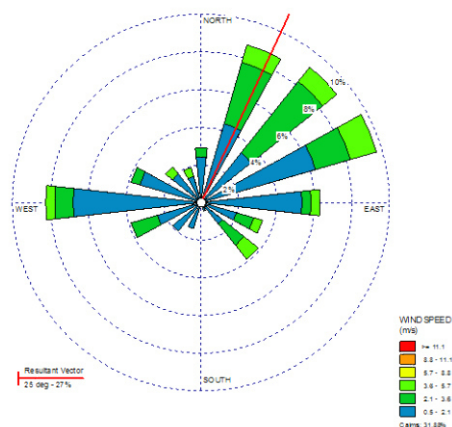


Setiembre-Sotavento

Figura 24. Rosa de los vientos de la Estación N° 2 distrito de Yanacancha-2010.

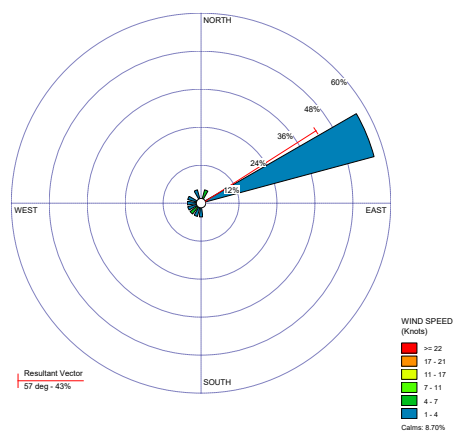


Junio-Barlovento

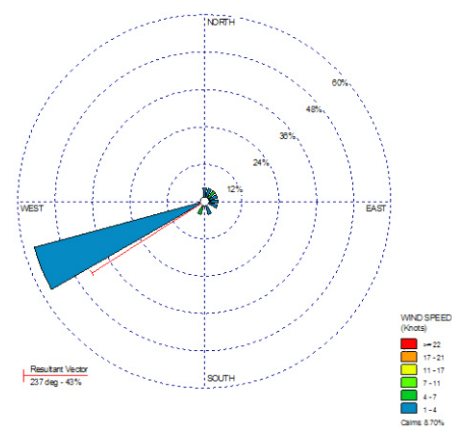


Junio-Sotavento

Figura 25. Rosa de los vientos de la Estación N° 3 distrito de Simón Bolívar-2010.

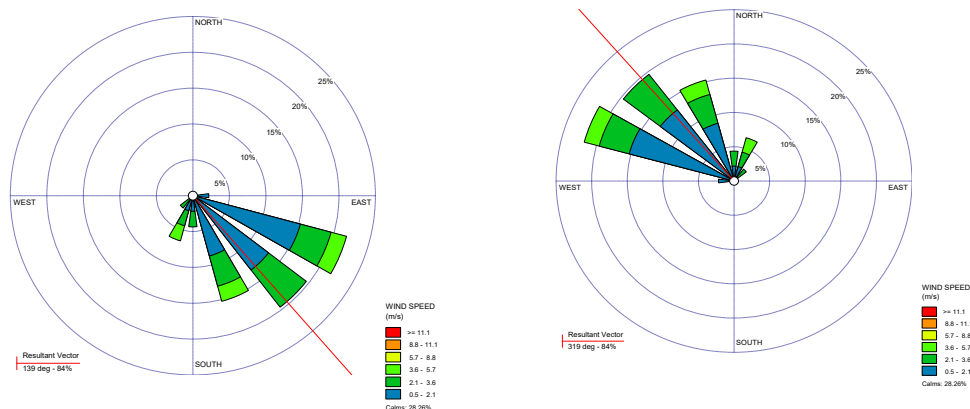


Julio-Barlovento



Julio-Sotavento

Figura 26. Rosa de los vientos de la Estación N° 3 distrito de Simón Bolívar-2010.



Mayo-Barlovento

Mayo-Sotavento

Figura 27. Rosa de los vientos de la Estación N° 4 distrito de Chaupimarca-2010.

En las Figuras 23, 24, 25, 26, 27, se evidencian los resultados de la dirección del viento y velocidad del viento que se registraron durante la estación seca del año 2010. Para la estación 1 ubicado en el distrito de chaupimarca para el mes de mayo, los vientos predominantes provienen Noroeste, con velocidades que van desde 0,5 m/s a 2,1 m/s, de acuerdo a la clasificación en la escala de Beaufort son vientos ligeros; para la estación 2 ubicado en el distrito de yanacancha para el mes setiembre, los vientos predominantes provienen SW desde 0,5 m/s a 3,6, de acuerdo a la clasificación en la escala de Beaufort son vientos ligeros; para la estación 3 ubicado en el distrito de Simón Bolívar para el mes junio, los vientos predominantes provienen SW desde 0,5 m/s a 3,6, de acuerdo a la clasificación en la escala de Beaufort son vientos ligeros y para el mes de julio los vientos predominantes provienen del NE desde 1 m/s a 4 m/s, de acuerdo a la clasificación en la escala de Beaufort son vientos ligeros; para la estación 4 ubicado en el distrito de Chaupimarca para el mes mayo, los vientos predominantes provienen NW desde 0,5 m/s a 2,1 m/s, de acuerdo a la clasificación en la escala de Beaufort son vientos ligeros.

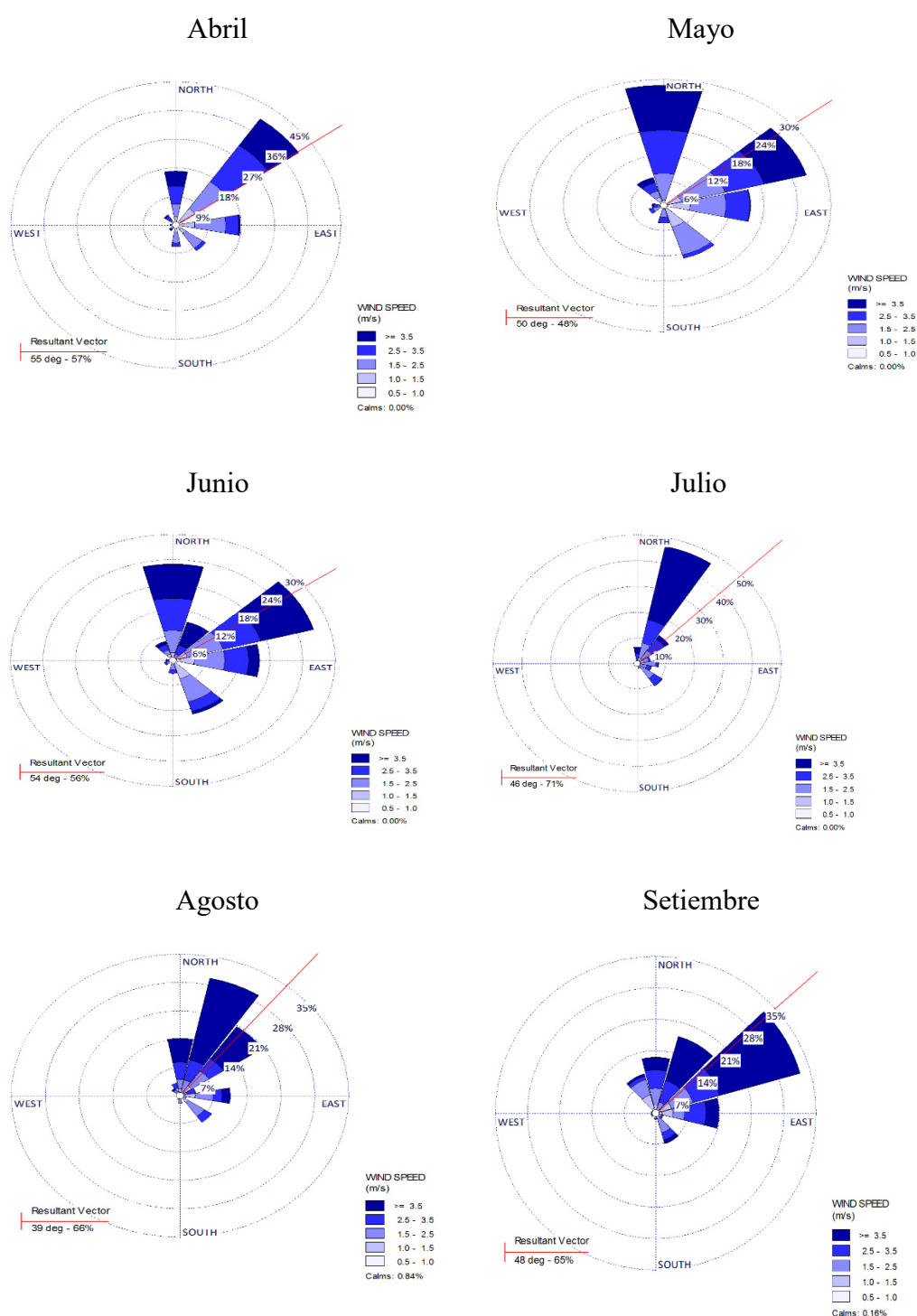


Figura 28. Rosa de los vientos cuenca atmosférica de Cerro de Pasco de la Estación Seca-2016.

En la Figura 28, se evidencia los resultados de la dirección del viento y velocidad del viento que se registraron durante la estación seca del año 2016. Se

observa en todos los meses una tendencia en la dirección de viento NE con velocidades que van desde 0,5 a 3,5 m/s lo que corresponde a viento ligeros de acuerdo a la clasificación en la escala de Beaufort.

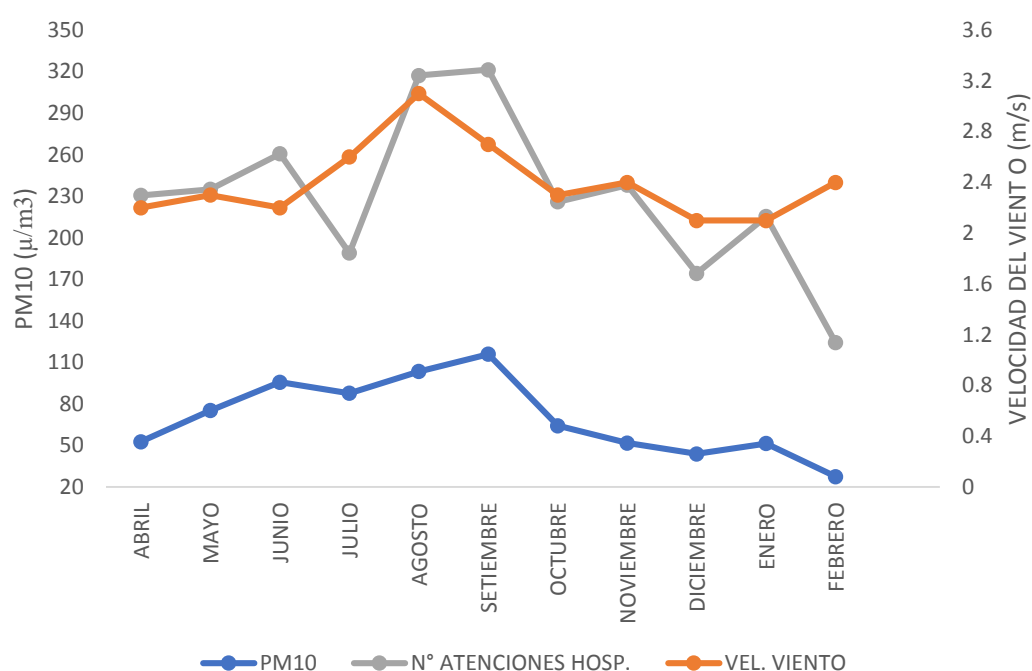


Figura 29. Comportamiento anual de la velocidad del viento vs. PM₁₀-2010.

En la Figura 29 se muestra la evolución de la concentración por meses del material particulado en suspensión de diámetro inferior a 10 micras para el año 2010. El contaminante presentó los valores mensuales más altos durante los meses de agosto y setiembre que pertenece a la estación seca, los que coinciden ligeramente con la velocidad del viento y el incremento de atenciones hospitalarias en niños menores o iguales a cinco años. Luego a partir de octubre hay decremento del PM₁₀, y la velocidad del viento.

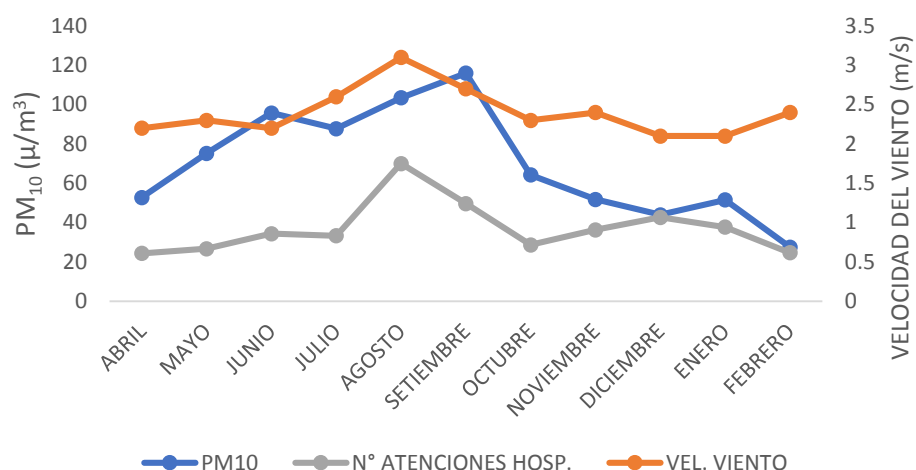


Figura 30. Comportamiento anual de la velocidad del viento vs. PM₁₀-2010.

En la Figura 30, se muestra el progreso de la concentración por meses del material particulado de diámetro inferior a 10 micras en el año 2010. Se evidenció la presencia del material contaminante con el valor más alto en el mes de julio que corresponde a la estación seca, sin embargo la velocidad del viento es más alto en el mes de agosto el cual coincide ligeramente con el incremento de atenciones hospitalarias en adultos mayores cincuenta años. Además en el mes octubre se reduce la variable meteorológica.

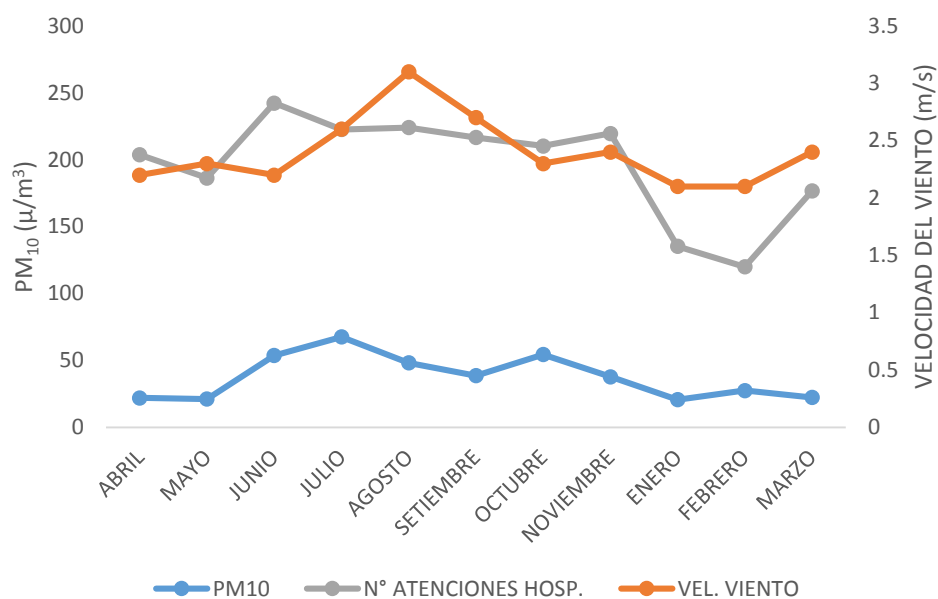


Figura 31. Comportamiento anual de la velocidad del viento Vs. PM₁₀-2016.

La variabilidad de la concentración por meses del material particulado en suspensión de diámetro inferior a 10 micras para el año 2016 está representada en la Figura 31. Se evidenció la presencia del material contaminante con el valor más alto en el mes de julio que corresponde a la estación seca, sin embargo la velocidad del viento es más alto en el mes de agosto, en este caso se observó que el aumento de la velocidad del viento no incide el aumento de atenciones hospitalarias en niños menores o iguales a cinco años. Además, en octubre se reducen las variables meteorológicas.

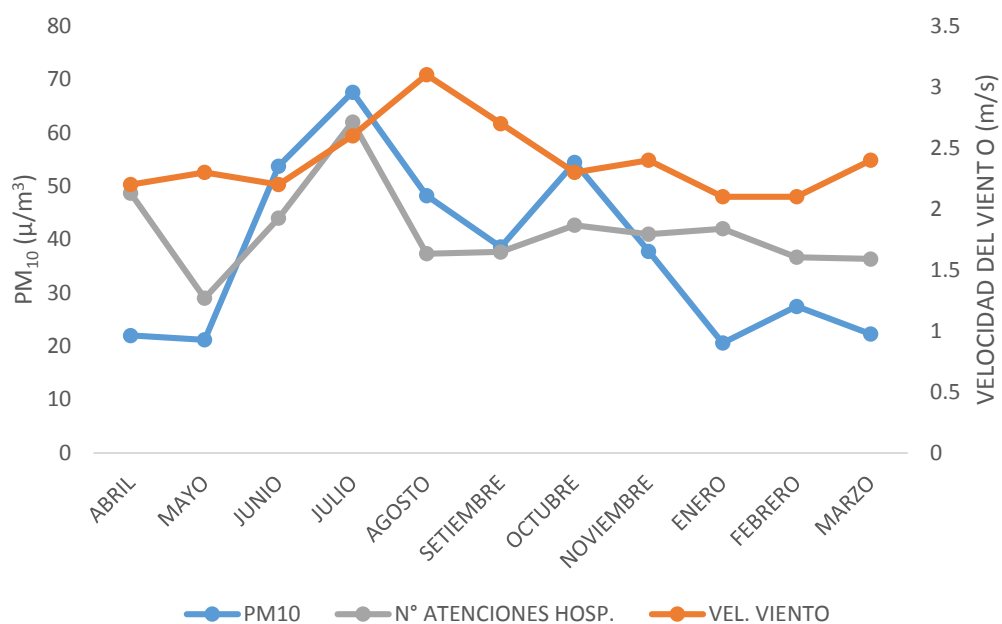


Figura 32. Comportamiento anual de la velocidad del viento vs. PM₁₀-2016.

La variación de la concentración por meses del material particulado en suspensión de diámetro inferior a 10 micras para el año 2016 está representada en la Figura 32. Se verificó la presencia del material contaminante con el valor más alto en el mes de julio que corresponde a la estación seca, el cual se aprecia que existe relación con el aumento de atenciones hospitalarias, mas no con la velocidad del viento donde el valor más alto se observa en agosto, por lo se infiere que el aumento de la velocidad del viento no incide el aumento de atenciones hospitalarias en adultos mayores a cincuenta años.

4.1.3. Discusión de resultados

En la zona de estudio a través de los años y como consecuencia de la explotación minera se generó el agente contaminante denominado por la Organización Mundial de la Salud partículas en suspensión PM₁₀. El material particulado generado

corresponde al 82,2% del total de contaminantes emitidos que fueron producto del trabajo en el tajo abierto “Raúl Rojas”, siendo ésta la fuente principal de contaminación, además los stock pile, las canchas de desmonte y los depósitos de relaves son otras fuentes de contaminación. Es preciso mencionar que hasta el año 2010 la empresa minera realizaba normalmente su explotación y a partir del 2011 pasó a llamarse Empresa Administradora Cerro S.A.C. donde se limitó la explotación, sin embargo continúa a la fecha el tratamiento de los stocks pile.

Las características del material particulado suspendido en atmosfera de Cerro de Pasco son esencialmente de minerales y están compuesto por metales tales como: cobre, plomo, manganeso, fierro zinc y cromo, de los cuales el de mayor proporción expresada en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ es el fierro, seguidos en orden decreciente por manganeso, zinc, plomo, cobre y cromo y de ellos la más dañina es el plomo.

Los resultados obtenidos del monitoreo del material particulado evidenciaron la contaminación del aire por material particulado menores a 10 micras para el año 2010 ($\text{PM}_{10}=72,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$) los cuales superan los límites máximos permisibles según Decreto Supremo N° 074-2001-PCM y para el 2016 ($\text{PM}_{10}=39 \mu\text{g}/\text{m}^3$) esto se atribuye a que a partir del 2011 ya la explotación se redujo, sin embargo estos resultados superan la directriz anual de la Organización Mundial de la Salud, datos que al ser comparados con lo encontrado por Vivar (2014) en su tesis “Cuantificación de material particulado PM_{10} y su efecto toxicológico-ambiental, en la ciudad de azogues” quien concluyó que existe el riesgo de los pobladores a adquirir diferentes tipos de enfermedades respiratorias y cardiovasculares, aun inclusive en concentraciones relativamente bajas se han asociado con consecuencias perjudiciales a la salud; con estos resultados se afirma que existe contaminación del aire por material particulado (PM_{10}) en Cerro de Pasco, además, la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2005), señala que “las pruebas relativas al material particulado (MP) suspendido en el aire y sus impactos en la salud pública concuerdan en demostrar los impactos adversos para la salud con las exposiciones que experimentan las poblaciones urbanas en la actualidad, ya sea en países en desarrollo o desarrollados”.

Según el objetivo principal se determinó que existe relación significativa entre el material particulado PM_{10} producido por el tajo abierto “Raúl Rojas” y las enfermedades de tipo respiratorias agudas (IRAs) que afectó a la población de Cerro de Pasco, en los años 2010 y 2016, los resultados obtenidos en la tabla 34, evidencian un nivel de correlación considerable de ($r= 0,36$) para el 2010 y ($r= 0,60$) para el 2016 entre el material particulado PM_{10} y las enfermedades de tipo respiratorias agudas (IRAs), esto se comprobó con los resultados conseguidos de la prueba de hipótesis de la t de Student, puesto que: $p=0,041<0,05$ para el año 2010 y $p=0,00<0,05$ para el año 2016, datos que al ser comparados con lo encontrado por Gaviria, Benavides y Tangarife (2011) en la investigación titulado “Contaminación por material particulado ($PM_{2,5}$ y PM_{10}) y consultas por enfermedades respiratorias en Medellín (2008-2009)”, concluyen manifestando que la contaminación del aire por material particulado menores a 10 micras que se hallan suspendido en la atmosfera genera enfermedades de tipo respiratorio y, en efecto, repercute en la salud pública, con estos resultados se demostró que existe relación significativa entre el material particulado PM_{10} debido a la operación del tajo abierto “Raúl Rojas” y las enfermedades de tipo respiratorias agudas (IRAs) que afectó a la población de Cerro de Pasco, en los años 2010 y 2016, además, Gavidia, Pronzucky Sly (2009) manifiestan que las enfermedades que dañan al sistema respiratorio relacionados con las PM_{10} perjudican a niños y adultos mayores, ya que en ellos se presentan infecciones crónicas y agudas que dañan las vías respiratorias altas y bajas.

Asimismo, los resultados obtenidos de esta investigación comprueban los objetivos específicos propuestos. Se demostró que existe relación significativa entre las partículas suspendidas en la atmósfera cuyos diámetros son menores a diez micrones a lo largo del clima seco y las enfermedades de tipo infecto-respiratorias-agudas (IRAs) que afectó a los niños entre 0 a 5 años de la población de la ciudad de Cerro de Pasco. Los resultados obtenidos en la tabla 35, evidenciaron un nivel correlativo considerable de ($r= 0,48$) para el 2010 y ($r= 0,49$) para el 2016 entre el material particulado PM_{10} y las enfermedades de tipo respiratorias agudas (IRAs). Esto se comprobó con los resultados conseguidos de la prueba de hipótesis de la t de Student, puesto que: $p=0,046<0,05$ para el año 2010 y $p=0,043<0,05$ para el año 2016,

datos que al ser confrontados con lo encontrado por Arregoces (2016), en la investigación que realizó titulado “Análisis de la relación entre el PM_{10} y las infecciones respiratorias en el sector minero de la Baja Guajira Colombiana”, concluyó que las emisiones de material particulado suspendido en el aire con diámetro menor a $10\ \mu m$ llegan a ser significativas y constituye una situación que incrementa las probabilidades que los pobladores contraigan infecciones agudas en las vías superiores altas en el grupo etario de 0 a 5 años de la zona de estudio; con estos resultados se demostró que existe relación significativa entre el material particulado suspendido en el aire con dimensiones menores a $10\ \mu m$ y las enfermedades de tipo respiratorias agudas (IRAs) que afectó a la población de Cerro de Pasco, en los años 2010 y 2016, además (Zayas, 2007) manifiesta que la susceptibilidad en los niños es debido a que su sistema nervioso central, inmunológico y respiratorio aún están en desarrollo, asimismo están propensos a una alta exposición a los contaminantes, de la misma manera realizan sus actividades al aire libre o en contacto con el suelo. Por lo tanto se demostró que durante el clima seco existe mayor contaminación por material particulado, esto por las propias características inherentes de esta estación.

Del mismo modo, he demostrado que existe relación significativa entre el material particulado fracción respirable menor a diez micrones durante la estación clima seco y las enfermedades de tipo infecto-respiratorias-agudas (IRAs) que afectó a a los mayores de 50 años de la población de la ciudad de Cerro de Pasco, durante los años 2010 y 2016. Los resultados obtenidos en la tabla 36, mostraron un nivel de correlación significativo de ($r= 0,58$) para el 2010 y un nivel correlativo considerable ($r= 0,54$) para el 2016 entre el material particulado PM_{10} y las enfermedades de tipo respiratorias agudas (IRAs). Esto se comprobó con los resultados conseguidos de la prueba de hipótesis de la t de Student, puesto que: $p=0,012<0,05$ para el año 2010 y $p=0,020<0,05$ para el año 2016, datos que al ser confrontados con lo encontrado por Sanhueza, Vargas y otros (2006), en la investigación que realizaron titulado “Impacto de la contaminación del aire por PM_{10} sobre la mortalidad diaria en Temuco”, concluyeron que los modelos explicados, indican que hay una ligazón significativa de incrementos de PM_{10} con incrementos de defunciones cotidianas en Temuco por causas respiratorias y cardiovasculares, con estos resultados se demostró que existe

relación significativa entre el material particulado PM_{10} producido por el tajo abierto “Raúl Rojas” y las enfermedades de tipo respiratorias agudas (IRAs) en adultos mayores a 50 años, además Ocampo (2007), expresa que en la población adulta los efectos al material particulado se deben a los cambios anatómicos y fisiológicos degenerativos inherentes de la edad como son el aumento de las glándulas mucosas, calcificación de cartílagos, disminución de la elasticidad pulmonar, reducción de la superficie alveolar y disminución del volumen residual. Además, el desarrollo de envejecimiento perjudica los mecanismos de defensa pulmonar haciéndolos más vulnerables a procesos infecciosos.

Según Venegas y Mazzeo (2005), establece que la dispersión de contaminantes en el aire, está influenciada por la variabilidad de la dirección del viento, si la dirección del viento es constante, la misma área estará continuamente expuesta a niveles relativamente altos de contaminación. En el presente estudio se determinó que la dirección del viento en promedio es constante y con una dirección de Noreste, haciendo que la cuenca está expuesta a niveles considerables de PM_{10} asimismo en los meses que corresponde a la estación seca se muestra un ligero incremento la velocidad del viento.

La Unión Europea (2008) establece la necesidad de disminuir los límites máximos permisibles de contaminación del aire por material particulado, para limitar los efectos perjudiciales para la salud humana y prestando atención a las personas más vulnerables, como son los niños menores o iguales a cinco años y los adultos mayores, considerando el estándar anual de calidad para el PM_{10} de $40 \mu g/m^3$ de concentración anual. El Instituto de Salud Pública de México (2017) evaluó el impacto en la salud en la zona metropolitana del Valle, donde concluye que disminuir el valor de $50 \mu g/m^3$ a $40 \mu g/m^3$ de concentración anual de PM_{10} evitaría 1 038 fallecimiento anuales con un intervalo de confianza de 95%. En la presente investigación se demostró la existencia de material PM_{10} en la atmosfera de Cerro de Pasco a una concentración anual de $40 \mu g/m^3$ que genera contaminación atmosférica y en un escenario donde coexisten minería y población, sugiero modificar las Estándares de calidad para el aire a ese nivel con la finalidad de proteger la salud de los pobladores.

Estos resultados permitieron determinar que la exposición a contaminantes atmosféricos como el PM_{10} durante el clima seco influyó en el aumento del número de atenciones por enfermedades de IRAs altas que comprende faringitis, amigdalitis y rinofaringitis en los grupos etarios de 0 a 5 años y mayores a 50 años en la cuenca atmosférica de Cerro de Pasco.

Finalmente mencionar que existe preocupación por la calidad del aire en la ciudad de Cerro de Pasco, por lo que ulteriores estudios deberían analizar la presencia de $PM_{2,5}$ y sus implicancias.

4.2. Prueba de hipótesis

4.2.1. Análisis de la normalidad de los datos

Se realiza para comprobar si se verifica la hipótesis de normalidad necesaria para que el resultado de los análisis sea fiable, como se evidencia en la Tabla 31.

Hipótesis:

H₀: Los datos referidos a la investigación siguen una distribución normal.

H₁: Los datos referidos a la investigación no siguen una distribución normal.

Nivel de significancia: Alfa = 5%

Tabla 31
Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

		PM ₁₀	IRAs
N		66,00	72,000
Parámetros normales	Media	55,55	251,000
			18,000
	Desviación estándar	31,98	115,000
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0,126	0,131
	Positivo	0,126	0,083
	Negativo	-0,109	-0,131
Estadístico de prueba		0,126	0,131
Sig. asintótica (bilateral)		0,011	0,004

Dado que $p < 0,05$, pues entonces existe evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula.

Por tanto, se determina que los datos referentes al material particulado y a las IRAs no sigue una distribución normal.

Estos resultados dan soporte adecuado para recurrir a las distintas técnicas estadísticas no-paramétricas para el análisis estadístico en la presente investigación.

4.2.2. Hipótesis general

H₀: No existe relación significativa entre el material particulado PM₁₀ debido a la operación del tajo “Raúl Rojas” y las enfermedades de tipo infecto-respiratorias-agudas (IRAs) que afectó a la población de la ciudad de Cerro de Pasco, en los años 2010 y 2016.

H₁: Existe relación significativa entre el material particulado PM₁₀ debido a la operación del tajo “Raúl Rojas” y las enfermedades de tipo infecto-respiratorias-agudas (IRAS) que afecto a la población de la ciudad de cerro de Pasco, en los años 2010 y 2016.

Nivel de significancia: Alfa = 5%

Estadística de prueba: El coeficiente Spearman presenta una distribución t de Student. El valor experimental se obtiene de la siguiente manera:

$$t = \frac{r - \rho}{\sqrt{\frac{1 - r^2}{n - 2}}}$$

Donde:

r : Coeficiente de correlación de Pearson

ρ: rho de Spearman

n: Tamaño de muestra

Regla de decisión: Si p-valor < α → Rechaza H₀

Tabla 32

Correlación de spearman entre el material particulado y las enfermedades de tipo infecto-respiratorio agudas según año 2010 y 2016

		Enfermedades de tipo infecto-respiratorio agudas (IRAs)	
		Año 2010	Año 2016
Material particulado PM ₁₀	Coeficiente de correlación	0,357*	0,593**
	Sig. (bilateral)	0,041	0,000
	N	33	33

Nota. *p-valor < 0,05 “Significativo”.

Dado que: $p = 0,041 < 0,05$ y $p = 0,000 < 0,05$ entonces existe evidencia estadística para rechazar H_0 .

Conclusión:

Existe relación significativa entre el material particulado PM_{10} debido a la operación del tajo “Raúl Rojas” y las enfermedades de tipo infecto-respiratorias-agudas (IRAs) que afectó a la población de la ciudad de Cerro de Pasco, en los años 2010 y 2016, al 95% de confianza.

4.2.3. Hipótesis específica: 1

H_0 : No existe relación significativa entre el material particulado PM_{10} debido a la operación del tajo “Raúl Rojas” en la estación de clima seco y las enfermedades de tipo infecto-respiratorias-agudas (IRAs) que afectó a los niños entre 0 a 5 años de la población de la ciudad de Cerro de Pasco, durante 2010 y 2016.

H_1 : Existe relación significativa entre el material particulado PM_{10} debido a la operación del tajo “Raúl Rojas” en la estación de clima seco y las enfermedades de tipo infecto-respiratorias-agudas (IRAs) que afectó a los niños entre 0 a 5 años de la población de la ciudad de Cerro de Pasco, durante 2010 y 2016.

Nivel de significancia: Alfa = 5%

Estadística de prueba: El coeficiente Spearman presenta una distribución t de Student. El valor experimental se obtiene de la siguiente manera:

$$t = \frac{r - \rho}{\sqrt{\frac{1 - r^2}{n - 2}}}$$

Donde:

r : Coeficiente de correlación de Pearson

ρ : rho de Spearman

n : Tamaño de muestra

Regla de decisión: Si $p\text{-valor} < \alpha \rightarrow \text{Rechaza } H_0$

Tabla 33

Correlación de spearman entre el material particulado y las enfermedades de tipo infecto-respiratorio agudas en los niños menores de 5 años en clima seco en los años 2010 y 2016

			Enfermedades de tipo infecto-respiratorio agudas (IRAs)	
			Año 2010	Año 2016
Material particulado PM_{10}	Seco	Coeficiente de correlación	0,476*	0,482*
		Sig. (bilateral)	0,046	0,043
		N	18,000	18,000
Material particulado PM_{10}	Lluvioso	Coeficiente de correlación	-0,089*	0,704**
		Sig. (bilateral)	0,752	0,003
		N	15,000	15,000

Nota. * $p\text{-valor} < 0,05$ “Significativo”.

Dado que: $p < 0,05$ entonces existe evidencia estadística para rechazar H_0 .

Conclusión:

Existe relación significativa entre material particulado PM_{10} debido a la operación del tajo “Raúl Rojas” en la estación de clima seco y las enfermedades de tipo infecto-respiratorias-agudas (IRAS) que afecto a los niños entre 0 a 5 años de la población de la ciudad de Cerro de Pasco, 2010 y 2016, al 95% de confianza.

4.2.4. Hipótesis específica: 2

H₀: No existe relación significativa entre el material particulado PM₁₀ debido a la operación del tajo “Raúl Rojas” en la estación de clima seco y las enfermedades de tipo infecto-respiratorias-agudas (IRAS) que afecto a los adultos mayores de 50 años de la población de la ciudad de Cerro de Pasco, en los años 2010 y 2016.

H₁: Existe relación significativa entre el material particulado PM₁₀ debido a la operación del tajo “Raúl Rojas” en la estación de clima seco y las enfermedades de tipo infecto-respiratorias-agudas (IRAs) que afecto a los mayores de 50 años de la población de la ciudad de Cerro de Pasco, en los años 2010 y 2016.

Nivel de significancia: Alfa = 5%

Estadística de prueba: El coeficiente Spearman presenta una distribución t de Student. El valor experimental se obtiene de la siguiente manera:

$$t = \frac{r - \rho}{\sqrt{\frac{1 - r^2}{n - 2}}}$$

Donde:

r : Coeficiente de correlación de Pearson

ρ: rho de Spearman

n: Tamaño de muestra

Regla de decisión: Si p-valor < α → Rechaza H₀

Tabla 34

Correlación de spearman entre el material particulado y las enfermedades de tipo infecto-respiratorio agudas en los mayores de 50 años en clima seco en los años 2010 y 2016

			Enfermedades de tipo infecto-respiratorio agudas (IRAs)	
			Año 2010	Año 2016
Material particulado PM ₁₀	Seco	Coefficiente de correlación	0,578*	0,544
		Sig. (bilateral)	0,012	0,020
		N	18,000	18,000
Material particulado PM ₁₀	Lluvioso	Coefficiente de correlación	-0,045	0,464
		Sig. (bilateral)	0,874	0,082
		N	15,000	15,000

Nota. *p-valor < 0,05 “Significativo”.

Dado que en general $p < 0,05$ entonces existe evidencia estadística para rechazar H_0 .

Conclusión:

Se encontró que hay una relación estadísticamente significativa entre material particulado PM₁₀ debido a la operación del tajo “Raúl Rojas” en la estación de clima seco y las enfermedades de tipo infecto-respiratorias-agudas (IRAs) en mayores de 50 años de la población de la ciudad de cerro de Pasco, 2010 ($r = 0,578$) y 2016 ($r = 0,544$) en un nivel regular, al 95% de confianza

4.3. Presentación de resultados

4.3.1. Análisis descriptivo de los resultados

A continuación, se presentan los resultados del análisis estadístico a nivel descriptivo e inferencial sobre la contaminación atmosférica por material particulado suspendido en el aire con diámetro menor a 10 μm y su relación con las enfermedades de tipo respiratorio en la población de Cerro de Pasco, 2010 y 2016 como se muestra en la Tabla 35.

Tabla 35

Promedios y desviación estándar de la IRA y el material particulado PM_{10}

Año		IRA en niños menor de 5 años	IRA en mayores de 50 años	Material particulado PM_{10}
2010	N	36,00	36,00	33,00
	Perdidos	0	0	3,00
	Media	230,39	36,83	72,15
	Desviación estándar	103,02	22,12	33,94
	Mínimo	46,00	16,00	17,00
	Máximo	450,00	127,00	145,50
2016	N	36,00	36,00	33,00
	Perdidos	0	0	3,00
	Media	194,97	42,06	38,96
	Desviación estándar	90,40	25,26	18,88
	Mínimo	26,00	2,00	16,12
	Máximo	318,00	90,00	89,58

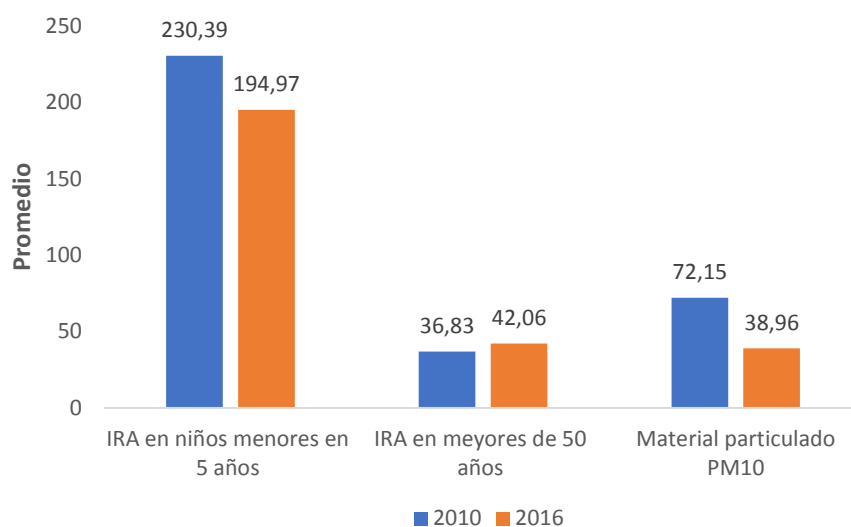


Figura 33. IRA y el material particulado PM_{10} según año 2010 y 2016.

Se observa en la Figura 33 que existe un promedio de 230,39 casos de niños menores de 5 años con IRA en el 2010 comparado con un valor promedio de 194,97 casos en el año 2016.

Existe un valor promedio de 36,83 casos en mayores de 50 años en el año 2010 comparado con 42,06 casos en el año 2016.

Por otro lado, se encontró un valor promedio de 72,15 de material particulado (PM_{10}) en el año 2010 comparado con un valor promedio de 38,96 en el año 2016.

Tabla 36

Promedios y desviación estándar de la IRA y el material particulado PM₁₀

Clima	Año		IRA en niños menor de 5 años	IRA en mayores de 50 años	Material particulado PM ₁₀
SECO	2010	N	18,00	18,00	18,00
		Media	259,06	39,72	91,36
		Desviación estándar	86,94	27,14	31,58
		Mínimo	110,00	17,00	39,00
		Máximo	450,00	127,00	145,50
	2016	N	18,00	18,00	18,00
		Media	210,67	43,11	43,15
		Desviación estándar	85,83	25,56	21,15
		Mínimo	77,00	7,00	19,69
		Máximo	318,00	90,00	89,58

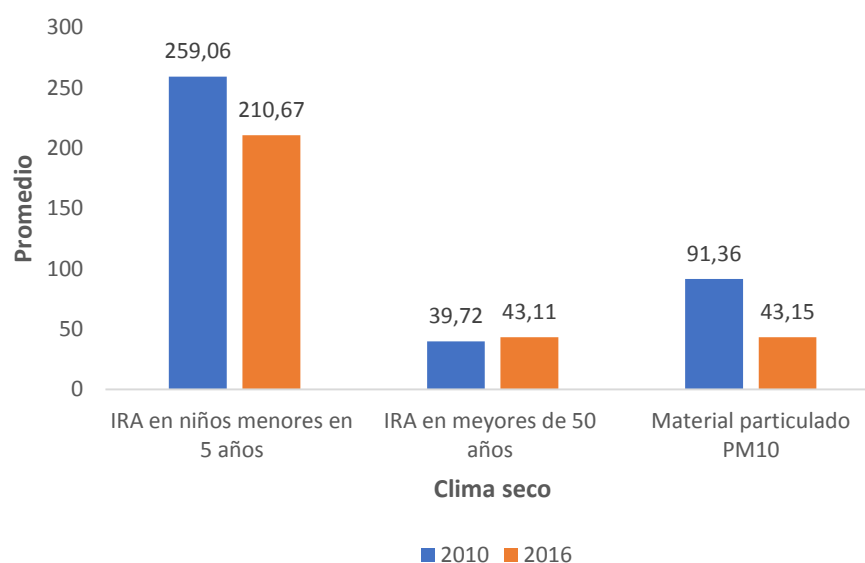


Figura 34. IRA y el material particulado PM₁₀ en clima seco según año 2010 y 2016.

Se observa en la Figura 34 que existe un promedio de 259,06 casos de niños menores de 5 años con IRAs en el 2010 comparado con un valor promedio de 210,67

casos en el año 2016. Existe un valor promedio de 39,72 casos en mayores de 50 años en el año 2010 comparado con 43,11 casos en el año 2016.

Por otro lado, se encontró un valor promedio de 91,36 de material particulado (PM_{10}) en el año 2010 comparado con un valor promedio de 43,15 en el año 2016.

4.3.2. Coeficiente de correlación de Spearman

En la Tabla 37, se muestra los resultados en general del año 2010 y 2016 de las correlaciones entre la concentración de partículas registradas en las diferentes estaciones de monitoreo de los distritos que comprenden la cuenca atmosférica de Cerro de Pasco y el número de atenciones hospitalarias a causa de infecciones respiratorias agudas, de los 2 hospitales que cuenta la ciudad cerreña. Del análisis de que se muestra de la tabla, indica que la relación es significativa en los tres distritos y el coeficiente de correlación es positivo y moderado en los distritos de Simón Bolívar y Chaupimarca y débil en el distrito de Yanacancha, lo cual nos permite afirmar que la concentración del PM_{10} influye directamente en el incremento de atenciones hospitalarias.

Tabla 37

Correlación de spearman entre el material particulado y las enfermedades de tipo infecto- respiratorio agudas según distrito en los años 2010 y 2016

DISTRITO			PM ₁₀
IRA	Rho de Spearman	CHAUPIMARCA	Coeficiente de correlación
			0,551**
			Sig. (bilateral)
			0,008
			N
			22,000
	Rho de Spearman	SIMON	Coeficiente de correlación
		BOLIVAR	0,589**
			Sig. (bilateral)
			0,004
			N
			22,000
	Rho de Spearman	YANACANCHA	Coeficiente de correlación
			0,393
			Sig. (bilateral)
			0,070
			N
			22,000

Nota. *p-valor < 0,05 “Significativo”.

En la Tabla 38, se verifica los resultados de las relaciones entre la concentración de partículas registradas en las diferentes estaciones de monitoreo de los distritos que comprenden la cuenca atmosférica de Cerro de Pasco y el número de atenciones hospitalarias a causa de infecciones respiratorias agudas, de los 2 hospitales que cuenta la ciudad de Cerro de Pasco, para los años 2010 y 2016. La tabla evidencia para el año 2010 que en la mayoría de los distritos tienen una correlación moderada positiva a excepción del distrito de Chaupimarca; mientras que el año 2016 todas las correlaciones indican que son moderadas positivas.

Tabla 38

Correlación de spearman entre el material particulado y las enfermedades de tipo infecto-respiratorio agudas según distrito y años 2010 y 2016

AÑO			PM ₁₀	
2010	IRA	CHAUPIMARCA	Coefficiente de correlación	0,364
			Sig. (bilateral)	0,272
			N	11,000
		SIMON BOLIVAR	Coefficiente de correlación	0,647*
			Sig. (bilateral)	0,031
			N	11,000
	YANACANCHA	CHAUPIMARCA	Coefficiente de correlación	0,527
			Sig. (bilateral)	0,096
			N	11,000
		YANACANCHA	Coefficiente de correlación	0,573
			Sig. (bilateral)	0,066
			N	11,000
2016	IRA	SIMON BOLIVAR	Coefficiente de correlación	0,509
			Sig. (bilateral)	0,110
			N	11,000
		YANACANCHA	Coefficiente de correlación	0,518
			Sig. (bilateral)	0,102
			N	11,000

Nota. *p-valor < 0,05 “Significativo”.

En la Tabla 39, se muestra los resultados de las correlaciones globalizados del año 2010 y 2016 del comportamiento de la concentración de material particulado menor a diez micrones registradas en la cuenca de las diferentes estaciones de monitoreo que comprenden la cuenca atmosférica de Cerro de Pasco y el número de atenciones hospitalarias debido a infecciones respiratorias agudas, de los 2 hospitales que cuenta la ciudad de Cerro de Pasco para ambos grupos etarios. Del análisis de la tabla, indica que en el clima seco muestra una relación significativa y un coeficiente de correlación positiva moderada ($r = 0,40$).

Tabla 39

Correlación de spearman entre el material particulado y las enfermedades de tipo infecto-respiratorio agudas según clima en los años 2010 y 2016

CLIMA		PM ₁₀
IRA	LLUVIOSO	Coefficiente de correlación
		0,311
		Sig. (bilateral)
	SECO	0,095
		N
		30,000
IRA	LLUVIOSO	Coefficiente de correlación
		0,397*
		Sig. (bilateral)
	SECO	0,016
		N
		36,000

Nota. *p-valor < 0,05 “Significativo”.

En la Tabla 40, se muestra los resultados segmentados para el año 2010 y otro para el año 2016 de las correlaciones del comportamiento de la concentración partículas en suspensión en la atmosfera con diámetros menores a diez micrones registradas en las diferentes estaciones de monitoreo de los distritos que comprenden la cuenca atmosférica de Cerro de Pasco y el número de atenciones hospitalarias debido a infecciones respiratorias agudas, de los 2 hospitales que cuenta la localidad de Cerro de Pasco, en pacientes de 0 a 5 y adultos mayores de 50 años. Del análisis de la tabla, indica que en el clima seco para el año 2010 y 2016 existe una relación significativa y un coeficiente de correlación moderada positiva, confirmando que la concentración del PM₁₀ influye directamente en el incremento de atenciones hospitalarias.

Tabla 40

Correlación de spearman entre el material particulado y las enfermedades de tipo infecto-respiratorio agudas según distrito y por años

AÑO		PM ₁₀	
2010	IRA	LLUVIOSO	Coeficiente de correlación
			Sig. (bilateral)
			N
		SECO	Coeficiente de correlación
			Sig. (bilateral)
			N
2016	IRA	LLUVIOSO	Coeficiente de correlación
			Sig. (bilateral)
			N
		SECO	Coeficiente de correlación
			Sig. (bilateral)
			N

Nota. *p-valor < 0,05 “Significativo”.

CONCLUSIONES

1. Se determinó la relación significativa que existe entre el material particulado PM_{10} debido a la operación del tajo abierto “Raúl Rojas” y las enfermedades de tipo respiratorias agudas (IRAs) que afectó a la población de la ciudad de Cerro de Pasco, en los años 2010 y 2016, al 95 % de confianza, dado que $p < 0,05$.
2. Se determinó la relación significativa que existe entre el material particulado PM_{10} debido a la operación del tajo abierto “Raúl Rojas” y demás fuentes de contaminación y las enfermedades de tipo infecto-respiratorias agudas (IRAs) en la estación de clima seco que afectó a los niños de edad mayor o igual a cinco años y en los adultos mayores de cincuenta años en la población de Cerro de Pasco, en los años 2010 y 2016, al 95 % de confianza, dado que $p < 0,05$.
3. La concentración del PM_{10} está relacionada con la dirección y velocidad de viento, de acuerdo a los resultados obtenidos se observa que las mayores concentraciones se tienen en los meses de julio, agosto y setiembre pertenecientes al clima de estación seca, donde la velocidad del viento se incrementa en relación a lo habitual y estos provocan la re suspensión de material particulado y consecuentemente los grupos vulnerables sufren enfermedades de tipos IRAs.

RECOMENDACIONES

1. Realizar investigaciones respecto a la relación de las infecciones respiratorias agudas y las partículas finas $PM_{2,5}$ en la cuenca atmosférica de Cerro de Pasco, debido a que existe evidencia de investigaciones internacionales, que revelan que las partículas más finas tienen una mayor asociación con los indicadores de mortalidad y morbilidad de la población.
2. Recordar a los gobiernos locales y regionales que contar con un aire limpio es una condición esencial para el goce efectivo del derecho a la vida, la salud y a un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de la persona.
3. Sugerir al Ministerio de Salud, optimizar la red de monitoreo a través de la vigilancia de los contaminantes criterio detallados en los Estándares de Calidad Ambiental del Aire. Del mismo modo, medir las concentraciones de $PM_{2,5}$ de las estaciones de monitoreo del aire.
4. Recordar al Ministerio de Energía y Minas ser vigilantes en el cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles para actividades mineras.
5. El presente estudio servirá a los organismos públicos competentes, como municipalidades o ministerios, como herramienta de gestión, para adoptar acciones adecuadas que controlen la contaminación del aire por material particulado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado, M. (2018). *Calidad del aire salud*. Mexico: Paidós.
- Aldunate, P., Paz, O., & Halvorsen, K. (2006). Los efectos de la contaminación atmosférica por PM10 sobre ciudad de la Paz-Bolivia (3650 m.s.n.m). *Acta nova*, 422-411.
- Aguilar, L. (2010). *Enfermedades respiratorias*. Lima: 2010.
- Arredondo, G., & Méndez, A. (24 de 2017 de 2005). *Infección de vías respiratorias agudas en población pediátrica*. . Obtenido de Rev Enf Infec Pediatría: http://www.materiamedica.ru/news/1Garcia_Herrera.pdf
- Arregoces, H. (2016). *Análisis de la relación entre el PM10 y las infecciones respiratorias en el sector minero de la Baja Guajira Colombiana*. Medellín: Universidad de Antioquía.
- Banco Mundial. (3 de Agosto de 1995). *Análisis Ambiental del Perú: Retos para un desarrollo sostenible*. Obtenido de <http://siteresources.worldbank.org/INTPEsRUINSPANISH/Resources/ResumenEjecutivoFINALpublicadocorregidoJunio11.pdf>
- Bickerstaff, K., & Walker, G. (2003). The place(s) of matter: matter out of place - public understandings of air pollution. *Progress Human Geography*, 27, 54.
- Bush, J., Moffatt, S., & Dunn, C. (2001). Keeping the public informed? Public negotiation of air quality information. *Public Underst Sci*, 213-290.
- Caceres, D. (2015). *Evaluación de los efectos agudos en la función pulmonar por exposición a material particulado fino (mp) en niños que viven próximos a una playa masivamente contaminada con relaves mineros, Chañaral, Chile*. Barcelona: Cerdayola del Valles.
- Carta de Ottawa, A. C. (1986). A Promoção da Saúde. In *1ª Conferência Internacional, Canadá*, 17-21.
- Catalán, V., Minerva, M., Jarillo, S., & C, E. (11 de Octubre de 2010). *Paradigmas de investigación aplicados al estudio de la percepción pública de la contaminación del aire*. Obtenido de Revista internacional de contaminación ambiental:

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992010000200007&lng=es&tlng=es

Colin, B. (2004). Química ambiental. *Reverté S. A.*, 116-133.

Conferencia de Adelaida. (1988). Recomendaciones de Adelaida sobre las políticas públicas favorables a la salud. Segunda Conferencia Internacional de Promoción de la Salud: Políticas públicas favorables a la salud. *Adelaida*, 123-134.

Comisión de Atención a Grupos Vulnerables. (2014). *Salud y medio ambiente*. Mexico : HC.

Conferencia sobre población y desarrollo en El Cairo. (12 de Febrero de 1994). *United Nations Population Information Network (POPIN). Informe de la Conferencia Internacional sobre la Población y el Desarrollo (El Cairo, 5 a 13 de septiembre de 1994) [Internet]. New York: POPIN*. Obtenido de <http://www.un.un.org/popin/icpd/conference/offspa/sconf13.html>

Cuenca Atmosférica. (12 de Enero de 2018). *peru.leyderecho.org*. Obtenido de <https://peru.leyderecho.org/cuenca-atmosferica/>

Cumbre de Río. (12 de Noviembre de 1992). *Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Cumbre_de_la_Tierra_de_R%C3%ADO_de_Janeiro&oldid=121273168

Declaración de Liverpool. (21 de Febrero de 1988). *World Health Organization. International Association for Dental Research. European Association of Dental Public Health. The Liverpool Declaration: promoting oral health in the 21st century*. Obtenido de <http://bit.ly/2.com>

Declaración de Yakarta. (1997). *Declaración de Jakarta sobre la Promoción de la Salud en el siglo XXI*. Yakarta: OPS/OMS.

Decreto Supremo N ° 074-2001-PCM. (2001). *Reglamento de estándares nacionales ambiental de calidad de aire*. Lima: PCM.

Dirección General de Salud Ambiental. (23 de Marzo de 2005). *Inventario de emisiones de fuentes fijas. Cuenca atmosférica de la ciudad de Cerro de Pasco*. Obtenido de http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/inventario_aire/fuentes_fijas/Informe%20Inventario%20Cerro%20de%20Pasco-Final.pdf

- Dockery DW. (2001). Epidemiologic evidence of cardiovascular effects of particulate air pollution. *Environ Health Perspect*, 109(suppl 4), 523-527.
- Dockery, D. P., Xu, X., Spengler, J., Ware, J., Fay, M., Ferris, B., & Speizer, F. (3 de Agosto de 1993). *Un Asociación entre la contaminación del aire y la mortalidad en seis ciudades de los Estados Unidos*. Obtenido de New England Journal of Medicine: <http://doi.org/10.1056/nejm199312093292401>
- El Peruano. (2005). *Ley General del Ambiente, Ley N° 28611*. Lima: El Peruano.
- Environmental Protection Agency. (1988). User's guide to SDM a shoreline dispersion model. Office of Air Quality Planning and Standards Emissions, Monitoring, and Analysis Division. *EPA*, 88-90.
- Finlayson-Pitts, B., & Pitts Jr, J. (1986). Fundamentals and experimental techniques. *Atmospheric chemistry*, 44-50.
- Friedlander, S., & Lippmann, M. (1994). Revising the particulate ambient air quality standard. *Environmental science & technology*, 28- 30.
- García, A., & Brack, A. (2 de Enero de 2008). *Aprueban Estándares de Calidad Ambiental para Aire. Decreto Supremo N°003-2008-MINAM*. Obtenido de http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consulta/DS-003-2008-MINAM.pdf.
- Gavidia, T., Pronczuk, J., & Sly, P. (12 de Setiembre de 2009). *Impactos ambientales sobre la salud respiratoria de los niños. Carga global de las enfermedades respiratorias ligadas al ambiente*. Obtenido de <http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sciarttext&pid.pdf>.
- Gaviria, C., Benavides, P., & Tangarife, C. (2011). Contaminación por material particulado (PM_{2,5} y PM₁₀) y consultas por enfermedades respiratorias en Medellín (2008-2009). *Rev. Fac. Nac. Salud Pública*, 241-250.
- Granados, R. (2001). *La reforma de los sistemas de salud: tendencias mundiales y efectos en Latinoamérica y el Caribe* Revista Gerencia y Políticas de Salud. Colombia: Pontificia Universidad Javeriana .
- Hernández, L., Aristizábal, M., Quiroz, J. (Julio de 16 de 2007). *Contaminación del aire y enfermedad respiratoria en menores de cinco años de Bogotá*. Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/revsaludpublica/article/view/38719/448>

- INEI. (4 de Agosto de 2017). *Perú: Perfil Sociodemográfico. Informe Nacional. Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas*. Obtenido de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1539/libro.pdf
- Instituto Nacional de Salud Pública. (12 de Abril de 2017). *Estimación de impactos en la salud por contaminación atmosférica en la región centro del país y alternativas de gestión. Documento final*. Obtenido de http://cambioclimatico.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/publicaciones/52/738_2017_Estimacion_impactos_contaminacion_atmosferica_centropais.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- IPCC. (2007). Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. *IPCC*, 104.
- Irwin, A. (1999). Faulty environments and risk reasoning: the local understandings of industrial hazards. *Environment and Planning A*, 31, 1311-1326.
- Jimenez, L. (2011). *Efectos de la contaminación atmosférica por PM10 sobre las consultas a urgencias por enfermedades respiratorias en menores de 15 años y mayores de 60 años y mortalidad general en Cali, durante 2010 y 2011*. Cali: Universidad Del Valle-Santiago de Cali.
- Lammel, A., & Kozakai, T. (2005). Percepción y representación de los riesgos de la contaminación atmosférica según el pensamiento holístico y el pensamiento analítico. *Desacatos*, 19, 85-98.
- Macedo, M., & Mateo, S. (2008). Infecciones respiratorias. Temas de bacteriología y virología médica. *MGT*, 137-161.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Política de Prevención y control de la Contaminación del Aire*. Bogotá: DC: MAVDT.
- Ministerio de Energía y Minas. (2007). *Guía para la Evaluación de Impactos en la Calidad del Aire por Actividades Minero Metalúrgicas*. Lima: MEM.
- Miranda, K., & Ortiz, L. (2008). *Evaluación de la concentración de material particulado suspendido PM10 y su relación con la morbilidad asociados a*

Era´s en niños menores a catorce años por enfermedad respiratoria aguda en el municipio de Toluviéjo. Sucre: MT.

Montaño, M., & Sandoval, A. (2007). Contaminación atmosférica y salud. *CAS*, 29-33.

Navarro, M. (1988). *Salud Sanitaria*. Lima: San Marcos.

Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1. (1993). Criterios para evaluar el valor límite permisible para la concentración de material particulado. Valor límite permisible para la concentración de partículas suspendidas totales PST, partículas menores de 10 micrómetros PM10 y partículasmenores de 2.5. *Salud Ambiental*, 45-67.

NTP 900.030 PM10. (2003). Lima: INACAL.

Ocampo, J., Aguilar, C., & Gómez, J. (2007). Envejecimiento del Sistema Respiratorio. *Revista Neumológica*, 7-8.

Organización Mundial de la Salud. (12 de Abril de 2016). *Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Actualización mundial 2005. Resumen de evaluación de los riesgos.* Obtenido de https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69478/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf;jsessionid=A10FBC9F96C02A4DD6F6F7C6393DCD33?ssequence=1

Parlamento Europeo . (11 de Junio de 2008). *DIRECTIVA 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de mayo de 2008, relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa.* Obtenido de Diario Oficial de la Unión Europea: <https://www.boe.es/ doue/2008/152/L00001-00044.pdf>

Parlamento Europeo. (2008). DIRECTIVA 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de mayo de 2008, relativa a la calidad del aire ambiente ya una atmósfera más limpia en Europa. *Diario Oficial de la Unión Europea*, 44-45.

Perez, R., Schilman, A., & Riojas, H. (2010). Respiratory health effects of indoor air pollution. *The International Journal of Tuberculosis and Lung Diseases*, 1079-1086.

- Petts, J. (2005). Health, responsibility, and choice: contrasting negotiations of air pollution and immunization information. *Environment and Planning A*, 37, 791-804.
- Pope, C; Dockery, D. (2006). Health effects of fine particulate air pollution: lines that connect. *J Air Waste Manage*, 1368-1380.
- Quispe, E. (2013). *Grado de exposición a contaminantes ambientales y frecuencia a consultas por IRAS en menores de 5 años, distrito de Ate Vitarte, Lima-Perú, 2011*. Lima: Universidad Peruana Unión.
- Ramírez, L. (1999). El control de la IRA en niños. *Revista Médica de Supervivencia Infantil*, 2.
- Ramírez, R., & Rojas, R. (4 de Abril de 2009). *Influencia de los Contaminantes Atmosféricos en las Infecciones Respiratorias Agudas en Mexicali-Baja California*. Obtenido de Información tecnológica: <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642009000300011>
- Real Academia Española. (5 de Agosto de 2016). *Diccionario de la lengua española (23.ª ed.)*. Obtenido de <http://www.rae.es/rae.html>
- Redaire. (s.f). Protocolo para el muestreo de partículas suspendidas totales (PST) utilizando el equipo muestreador de alto volumen Hi-vol. *Redaire*, 1-17.
- Rivera, J. (2012). *Modelo de identificación de factores contaminantes atmosféricos críticos en Lima – Callao*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Sanhueza, P., Vargas, C., & Mellado, P. (2006). *Impacto de la contaminación del aire por PM10 sobre la mortalidad diaria en Temuco*. Chile: Rev Méd.
- Schwartz, J., & Dockery, D. (1992). Particles air pollution and daily mortality in Steubenville Ohio. *Am J Epidemiol*, 135-136.
- Venegas, L., & Mazzeo, N. (2005). Application at Atmospheric Dispersion Models to Evaluate Population Exposure to NO2 Concentration in Buenos Aires. *International Journal of Environment and Pollution*, 224-238.
- Vivar, E. (2014). *Cuantificación de material particulado PM10 y su efecto toxicológico-ambiental, en la ciudad de azogues*. Ecuador: Universidad de Cuenca.

- Wakefield, S., & Poland, B. (2001). Family, friend or foe? Critical reflections on the relevance and role of social capital in health promotion and community development. *Social science & medicine*, 2819-2832.
- Warneck, P. (1988). Chemistry of the natural atmosphere. International Geophysics Series. *Wiley & Sons*, 757.
- World Health Organization. (2002). International Programme on Chemical Safety (IPCS): Environmental Health Criteria 214. *Human Exposure Assessment*, 123-134.
- Zayas, R., & Cabrera, U. (2007). Los tóxicos ambientales y su impacto en la salud de los niños. *Cubana Pediatría*, 232.

ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

MATRIZ DE CONSISTENCIA					
TITULO	“LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR MATERIAL PARTICULADO Y SU RELACIÓN CON LAS ENFERMEDADES DE TIPO RESPIRATORIO EN LA POBLACIÓN DE CERRO DE PASCO, 2010 y 2016”		DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	No experimental.	
FORMULACION DEL PROBLEMA		OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	
GENERAL		GENERAL	GENERAL	VARIABLE 1	DIMENSIONES
¿ ¿Qué relación existe entre el material particulado PM10 debido a la operación del tajo abierto “Raúl Rojas” y las infecciones respiratorias agudas (IRAs) en la población de la ciudad de Cerro de Pasco, en los años 2010 y 2016?		Determinar la relación que existe entre el material particulado PM10 debido a la operación del tajo abierto “Raúl Rojas” y las enfermedades de tipo respiratorias agudo (IRAs) en la población de Cerro de Pasco, en los años 2010 y 2016.	Hi: Existe relación significativa entre el material particulado PM10 producido por el tajo abierto “Raúl Rojas” y las enfermedades de tipo infecto-respiratorias agudas (IRAs) en la población de la ciudad de Cerro de Pasco, en los años 2010 y 2016.	Material particulado	Componentes mineros
					Matriz experimental
					Monitoreo metereológico
ESPECÍFICOS		ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS	VARIABLE 2	DIMENSIONES
¿Qué relación existe entre el material particulado PM10 debido a la operación del tajo abierto “Raúl Rojas” en la estación de clima seco y las enfermedades de tipo respiratorio - agudas (IRAs) en niños entre 0 y 5 años de la ciudad de Cerro de Pasco, en los años 2010 y 2016?		Determinar la relación que existe entre el material particulado PM10 debido a la operación del tajo abierto “Raúl Rojas” en la estación de clima seco y las enfermedades de tipo respiratorias agudo (IRAs) en niños de 0 a 5 años de la ciudad de Cerro de Pasco, en los años 2010 y 2016.	H1: Existe relación significativa entre el material particulado PM10 debido a la operación del tajo abierto “Raúl Rojas” en la estación de clima seco y las enfermedades de tipo infecto-respiratorias agudas (IRAs) en los niños de 0 a 5 años en la población de la ciudad de Cerro de Pasco, en los años 2010 y 2016.	Enfermedades de tipo respiratorio	Niños entre 0 a 5 años
					Adultos mayores de 50 años
¿Qué relación existe entre el material particulado PM10 debido a la operación del tajo abierto “Raúl Rojas” en la estación seco y las enfermedades de tipo respiratorias - agudas (IRAs) en adultos mayores de 50 años de la ciudad de Cerro de Pasco, en los años 2010 y 2016?		Determinar la relación que existe entre el material particulado PM10 debido a la operación del tajo abierto “Raúl Rojas” en la estación de clima seco y las enfermedades de tipo respiratorias agudo (IRAs) en adultos mayores de 50 años de la ciudad de Cerro de Pasco, en los años 2010 y 2016	H2: Existe relación significativa entre el material particulado PM10 debido a la operación del tajo abierto “Raúl Rojas” en la estación de clima seco y las enfermedades de tipo infecto-respiratorias agudas (IRAs) en los pobladores mayores de 50 años de la ciudad de Cerro de Pasco, en los años 2010 y 2016.	TESISTA EDER GUIDO ROBLES MORALES	

ANEXO 2: INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

AUTOR(A): Eder Guido ROBLES MORALES

Nº FICHA.....

Historia clínica.....[illegible]

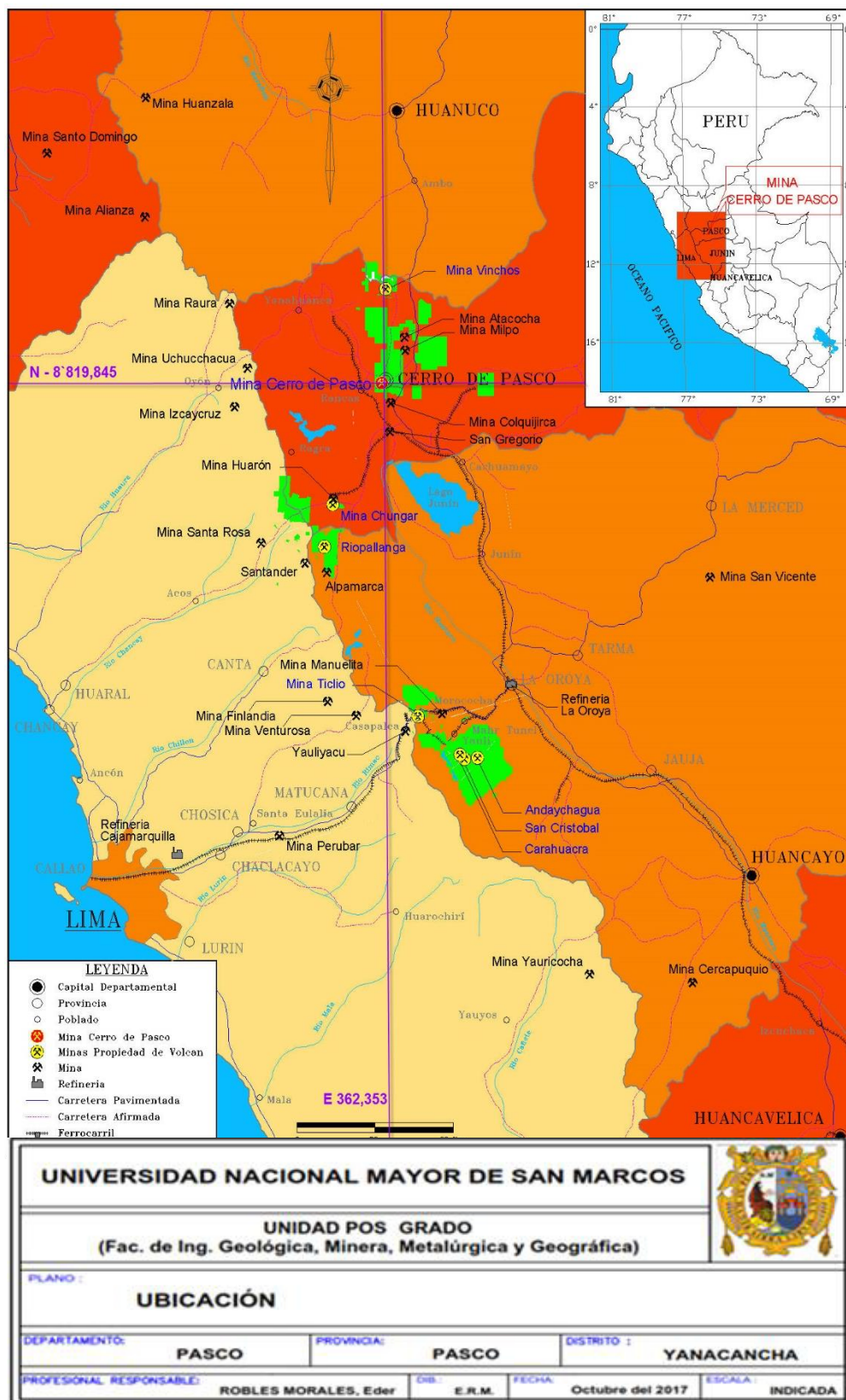
Fuente: Elaboración Propia

ANEXO 3: BASE DE DATOS DE LA INVESTIGACIÓN

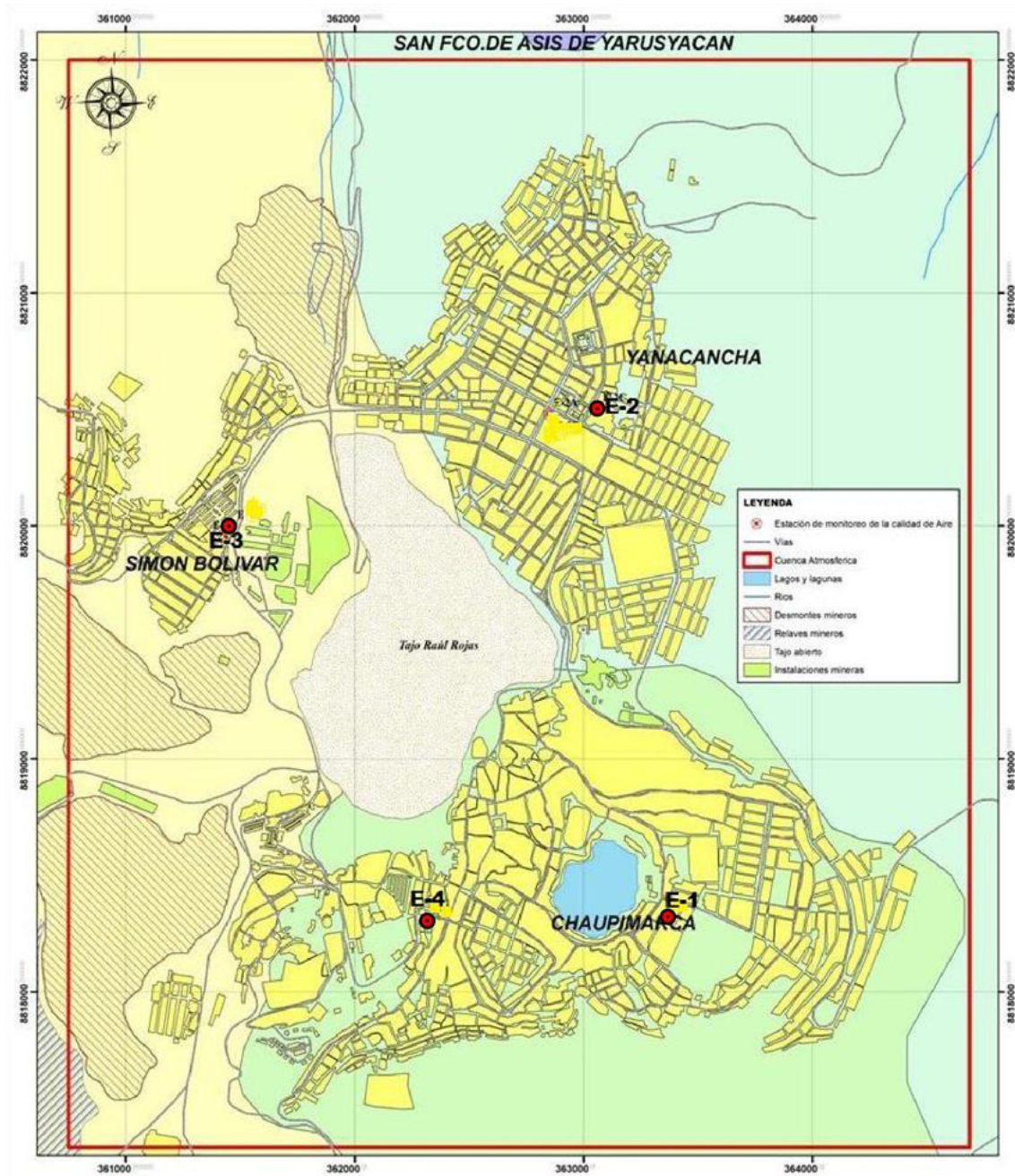
AÑO	DISTRITO	EDAD	CLIMA	MES	FARINGITIS	AMIGDALITIS	RINOFARINGITIS	IRAS	PM	FT	AT	RT	IRAT
1	CHAUPIMARCA	1	SECO	ABRIL	85	130	95	310	62	109	137	97	343
1	CHAUPIMARCA	1	SECO	MAYO	93	99	133	325	86.5	106	106	137	349
1	CHAUPIMARCA	1	SECO	JUNIO	94	73	125	292	97.5	107	79	130	316
1	CHAUPIMARCA	1	SECO	JULIO	94	50	92	236	82	125	55	96	284
1	CHAUPIMARCA	1	SECO	AGOSTO	186	108	156	450	145.5	236	145	196	577
1	CHAUPIMARCA	1	SECO	SETIEMBRE	162	145	128	435	140	198	170	152	520
1	CHAUPIMARCA	1	LLUVIOSO	OCTUBRE	114	101	132	347	48	133	103	137	373
1	CHAUPIMARCA	1	LLUVIOSO	NOVIEMBRE	139	158	120	417	46	181	169	121	471
1	CHAUPIMARCA	1	LLUVIOSO	DICIEMBRE	178	86	109	373	42	236	95	112	443
1	CHAUPIMARCA	1	LLUVIOSO	ENERO	135	26	71	232	58.5	183	35	79	297
1	CHAUPIMARCA	1	LLUVIOSO	FEBRERO	68	18	46	132	25	96	21	46	163
1	CHAUPIMARCA	1	LLUVIOSO	MARZO	58	73	114	245		95	78	116	289
1	YANACANCHA	1	SECO	ABRIL	127	5	93	225	48	141	7	99	247
1	YANACANCHA	1	SECO	MAYO	103	42	100	245	73	123	48	110	281
1	YANACANCHA	1	SECO	JUNIO	105	18	121	244	72	131	23	123	277
1	YANACANCHA	1	SECO	JULIO	97	22	102	221	90	117	27	112	256
1	YANACANCHA	1	SECO	AGOSTO	125	12	96	233	137	150	20	108	278
1	YANACANCHA	1	SECO	SETIEMBRE	142	29	108	279	77	168	35	120	323
1	YANACANCHA	1	LLUVIOSO	OCTUBRE	160	28	80	268	70	179	34	85	298
1	YANACANCHA	1	LLUVIOSO	NOVIEMBRE	112	29	110	251	57	141	32	116	289
1	YANACANCHA	1	LLUVIOSO	DICIEMBRE	24	24	55	103	45	48	35	62	145
1	YANACANCHA	1	LLUVIOSO	ENERO	136	7	93	236	21	155	8	100	263
1	YANACANCHA	1	LLUVIOSO	FEBRERO	68	20	84	172	17	83	21	91	195
1	YANACANCHA	1	LLUVIOSO	MARZO	132	15	121	268		157	15	133	305
1	SIMON BOLIVAR	1	SECO	ABRIL	68	15	74	157	39	75	18	82	175
1	SIMON BOLIVAR	1	SECO	MAYO	75	11	49	135	55	89	13	53	155
1	SIMON BOLIVAR	1	SECO	JUNIO	103	41	102	246	116	120	54	118	292
1	SIMON BOLIVAR	1	SECO	JULIO	66	6	38	110	97	73	10	44	127
1	SIMON BOLIVAR	1	SECO	AGOSTO	95	78	97	270	120	113	87	104	308
1	SIMON BOLIVAR	1	SECO	SETIEMBRE	91	86	73	250	107	105	88	77	270
1	SIMON BOLIVAR	1	LLUVIOSO	OCTUBRE	31	11	21	63	91	44	19	30	93
1	SIMON BOLIVAR	1	LLUVIOSO	NOVIEMBRE	12	8	26	46	58	28	8	27	63
1	SIMON BOLIVAR	1	LLUVIOSO	DICIEMBRE	22	2	23	47	47	35	5	23	63
1	SIMON BOLIVAR	1	LLUVIOSO	ENERO	94	19	65	178	68	105	22	72	199
1	SIMON BOLIVAR	1	LLUVIOSO	FEBRERO	33	19	17	69	43	43	20	26	89
1	SIMON BOLIVAR	1	LLUVIOSO	MARZO	79	12	93	184		94	14	96	204
1	CHAUPIMARCA	2	SECO	ABRIL	24	7	2	33					
1	CHAUPIMARCA	2	SECO	MAYO	13	7	4	24					
1	CHAUPIMARCA	2	SECO	JUNIO	13	6	5	24					
1	CHAUPIMARCA	2	SECO	JULIO	31	5	4	48					
1	CHAUPIMARCA	2	SECO	AGOSTO	50	37	40	127					
1	CHAUPIMARCA	2	SECO	SETIEMBRE	36	25	24	85					
1	CHAUPIMARCA	2	LLUVIOSO	OCTUBRE	19	2	5	26					
1	CHAUPIMARCA	2	LLUVIOSO	NOVIEMBRE	42	11	1	54					
1	CHAUPIMARCA	2	LLUVIOSO	DICIEMBRE	58	9	3	70					
1	CHAUPIMARCA	2	LLUVIOSO	ENERO	48	9	8	65					
1	CHAUPIMARCA	2	LLUVIOSO	FEBRERO	28	3	0	31					
1	CHAUPIMARCA	2	LLUVIOSO	MARZO	37	5	2	44					
1	YANACANCHA	2	SECO	ABRIL	14	2	6	22					
1	YANACANCHA	2	SECO	MAYO	20	6	10	36					
1	YANACANCHA	2	SECO	JUNIO	26	5	2	33					
1	YANACANCHA	2	SECO	JULIO	20	5	10	35					
1	YANACANCHA	2	SECO	AGOSTO	25	8	12	45					
1	YANACANCHA	2	SECO	SETIEMBRE	26	6	12	44					
1	YANACANCHA	2	LLUVIOSO	OCTUBRE	19	6	5	30					
1	YANACANCHA	2	LLUVIOSO	NOVIEMBRE	29	3	6	38					
1	YANACANCHA	2	LLUVIOSO	DICIEMBRE	24	11	7	42					
1	YANACANCHA	2	LLUVIOSO	ENERO	19	1	7	27					
1	YANACANCHA	2	LLUVIOSO	FEBRERO	15	1	7	23					
1	YANACANCHA	2	LLUVIOSO	MARZO	25	0	12	37					
1	SIMON BOLIVAR	2	SECO	ABRIL	7	3	8	18					
1	SIMON BOLIVAR	2	SECO	MAYO	14	2	4	20					
1	SIMON BOLIVAR	2	SECO	JUNIO	17	13	16	46					
1	SIMON BOLIVAR	2	SECO	JULIO	7	4	6	17					
1	SIMON BOLIVAR	2	SECO	AGOSTO	18	9	7	38					
1	SIMON BOLIVAR	2	SECO	SETIEMBRE	14	2	4	20					
1	SIMON BOLIVAR	2	LLUVIOSO	OCTUBRE	13	8	9	30					
1	SIMON BOLIVAR	2	LLUVIOSO	NOVIEMBRE	16	0	1	17					
1	SIMON BOLIVAR	2	LLUVIOSO	DICIEMBRE	13	3	0	16					
1	SIMON BOLIVAR	2	LLUVIOSO	ENERO	11	3	7	21					
1	SIMON BOLIVAR	2	LLUVIOSO	FEBRERO	10	1	9	20					
1	SIMON BOLIVAR	2	LLUVIOSO	MARZO	15	2	3	20					

2	CHAUPIMARCA	1	SECO	ABRIL	99	126	29	254	23.9	122	136	61	319
2	CHAUPIMARCA	1	SECO	MAYO	112	62	60	234	29.01	127	72	69	268
2	CHAUPIMARCA	1	SECO	JUNIO	104	98	79	281	53.32	126	124	88	338
2	CHAUPIMARCA	1	SECO	JULIO	124	100	94	318	67.15	165	131	112	408
2	CHAUPIMARCA	1	SECO	AGOSTO	90	70	85	245	58.85	116	81	91	288
2	CHAUPIMARCA	1	SECO	SETIEMBRE	87	87	74	248	29.21	106	101	83	290
2	CHAUPIMARCA	1	LLUVIOSO	OCTUBRE	125	62	87	274	56.2	148	75	97	320
2	CHAUPIMARCA	1	LLUVIOSO	NOVIEMBRE	164	55	73	292	33.46	197	68	78	343
2	CHAUPIMARCA	1	LLUVIOSO	DICIEMBRE	125	57	62	244		147	66	71	284
2	CHAUPIMARCA	1	LLUVIOSO	ENERO	99	53	56	208	27.51	128	66	78	272
2	CHAUPIMARCA	1	LLUVIOSO	FEBRERO	80	89	43	212	26.47	109	104	70	283
2	CHAUPIMARCA	1	LLUVIOSO	MARZO	99	103	57	259	29.9	117	118	80	315
2	YANACANCHA	1	SECO	ABRIL	181	27	72	280	24.75	220	50	80	350
2	YANACANCHA	1	SECO	MAYO	161	22	54	237	21.2	184	31	62	277
2	YANACANCHA	1	SECO	JUNIO	214	34	66	314	77.63	239	45	90	374
2	YANACANCHA	1	SECO	JULIO	137	16	50	203	89.58	176	37	70	283
2	YANACANCHA	1	SECO	AGOSTO	141	60	81	282	45.6	165	70	96	331
2	YANACANCHA	1	SECO	SETIEMBRE	122	82	90	294	58.1	149	106	103	358
2	YANACANCHA	1	LLUVIOSO	OCTUBRE	156	45	84	285	67.07	183	72	101	356
2	YANACANCHA	1	LLUVIOSO	NOVIEMBRE	175	39	56	270	51.49	212	52	62	326
2	YANACANCHA	1	LLUVIOSO	DICIEMBRE	196	45	49	290		262	59	53	374
2	YANACANCHA	1	LLUVIOSO	ENERO	102	34	36	172	24.82	126	56	45	227
2	YANACANCHA	1	LLUVIOSO	FEBRERO	64	8	48	120	44.4	87	11	57	155
2	YANACANCHA	1	LLUVIOSO	MARZO	134	15	53	202	24.9	164	29	60	253
2	SIMON BOLIVAR	1	SECO	ABRIL	51	13	13	77	21.13	56	17	15	88
2	SIMON BOLIVAR	1	SECO	MAYO	69	10	9	88	19.69	77	15	9	101
2	SIMON BOLIVAR	1	SECO	JUNIO	106	9	17	132	30.23	116	13	18	147
2	SIMON BOLIVAR	1	SECO	JULIO	60	1	19	80	46.08	67	7	22	96
2	SIMON BOLIVAR	1	SECO	AGOSTO	63	22	32	117	52.87	74	26	37	137
2	SIMON BOLIVAR	1	SECO	SETIEMBRE	54	2	52	108	28.43	61	2	52	115
2	SIMON BOLIVAR	1	LLUVIOSO	OCTUBRE	42	10	20	72	40.1	50	12	21	83
2	SIMON BOLIVAR	1	LLUVIOSO	NOVIEMBRE	78	7	12	97	23.00	88	11	14	113
2	SIMON BOLIVAR	1	LLUVIOSO	DICIEMBRE	84	11	12	107		96	12	17	125
2	SIMON BOLIVAR	1	LLUVIOSO	ENERO	19	2	5	26	16.12	23	5	5	33
2	SIMON BOLIVAR	1	LLUVIOSO	FEBRERO	22	2	4	28	26.4	26	2	4	32
2	SIMON BOLIVAR	1	LLUVIOSO	MARZO	30	1	38	69	17.07	31	2	38	71
2	CHAUPIMARCA	2	SECO	ABRIL	23	10	32	65					
2	CHAUPIMARCA	2	SECO	MAYO	15	10	9	34					
2	CHAUPIMARCA	2	SECO	JUNIO	22	26	9	57					
2	CHAUPIMARCA	2	SECO	JULIO	41	31	18	90					
2	CHAUPIMARCA	2	SECO	AGOSTO	26	11	6	43					
2	CHAUPIMARCA	2	SECO	SETIEMBRE	19	14	9	42					
2	CHAUPIMARCA	2	LLUVIOSO	OCTUBRE	23	13	10	46					
2	CHAUPIMARCA	2	LLUVIOSO	NOVIEMBRE	33	13	5	51					
2	CHAUPIMARCA	2	LLUVIOSO	DICIEMBRE	22	9	9	40					
2	CHAUPIMARCA	2	LLUVIOSO	ENERO	29	13	22	64					
2	CHAUPIMARCA	2	LLUVIOSO	FEBRERO	29	15	27	71					
2	CHAUPIMARCA	2	LLUVIOSO	MARZO	18	15	23	56					
2	YANACANCHA	2	SECO	ABRIL	39	23	8	70					
2	YANACANCHA	2	SECO	MAYO	23	9	8	40					
2	YANACANCHA	2	SECO	JUNIO	25	11	24	60					
2	YANACANCHA	2	SECO	JULIO	39	21	20	80					
2	YANACANCHA	2	SECO	AGOSTO	24	10	15	49					
2	YANACANCHA	2	SECO	SETIEMBRE	27	24	13	64					
2	YANACANCHA	2	LLUVIOSO	OCTUBRE	27	27	17	71					
2	YANACANCHA	2	LLUVIOSO	NOVIEMBRE	37	13	6	56					
2	YANACANCHA	2	LLUVIOSO	DICIEMBRE	66	14	4	84					
2	YANACANCHA	2	LLUVIOSO	ENERO	24	22	9	55					
2	YANACANCHA	2	LLUVIOSO	FEBRERO	23	3	9	35					
2	YANACANCHA	2	LLUVIOSO	MARZO	30	14	7	51					
2	SIMON BOLIVAR	2	SECO	ABRIL	5	4	2	11					
2	SIMON BOLIVAR	2	SECO	MAYO	8	5	0	13					
2	SIMON BOLIVAR	2	SECO	JUNIO	10	4	1	15					
2	SIMON BOLIVAR	2	SECO	JULIO	7	6	3	16					
2	SIMON BOLIVAR	2	SECO	AGOSTO	11	4	5	20					
2	SIMON BOLIVAR	2	SECO	SETIEMBRE	7	0	0	7					
2	SIMON BOLIVAR	2	LLUVIOSO	OCTUBRE	8	2	1	11					
2	SIMON BOLIVAR	2	LLUVIOSO	NOVIEMBRE	10	4	2	16					
2	SIMON BOLIVAR	2	LLUVIOSO	DICIEMBRE	12	1	5	18					
2	SIMON BOLIVAR	2	LLUVIOSO	ENERO	4	3	0	7					
2	SIMON BOLIVAR	2	LLUVIOSO	FEBRERO	4	0	0	4					
2	SIMON BOLIVAR	2	LLUVIOSO	MARZO	1	1	0	2					

ANEXO 4: MAPA DE UBICACIÓN



ANEXO 5: MAPA DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO



Estación	Descripción	Coordenadas	
		Norte	Este
E-1	Puesto de Salud Túpac Amaru	8818319	363364
E-2	DIRESA -Pasco	8820502	363060
E-3	Puesto de Salud Paragsha	8819999	361463
E-4	Campamento minero Noruega Alta	8818305	362319

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS				
UNIDAD POS GRADO (Fac. de Ing. Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica)				
PLANO:				
UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO				
DEPARTAMENTO:	PASCO	PROVINCIA:	PASCO	
DIRECCIÓN GENERAL DE REPRESENTACIÓN:	ROBLES MORALES, Edgar	UBI:	E.R.M.	EDICIÓN:
			Octubre del 2017	ESCALA:
				INDICADA

ANEXO 6: COMPONENTES MINEROS



ANEXO 7: PANEL FOTOGRÁFICO



Foto N° 1. Contaminación por material particulado en área del tajo abierto, 2010.



Foto N° 2. Contaminación por material particulado en área san Juan Pampa, Yanacancha, 2010.



Foto N° 3. Contaminación por material particulado en área desmontes, 2016.



Foto N° 4. Contaminación por material particulado en área Chaupimarca, 2016.



Foto N° 5. Estación de Monitoreo Chaupimarca- Centro de Salud Túpac Amaru.



Foto N° 6. Retiro del filtro del equipo Muestreador de alto volumen, Thermo Fisher Scientific.



Foto N° 7. Lectura de material particulado menor a 10 μm .